

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

世界知的所有権機関
国際事務局
特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類6 G03F 1/14, 7/20, H01L 21/027		A1	(11) 国際公開番号 WO99/24869
		(43) 国際公開日 1999年5月20日(20.05.99)	
(21) 国際出願番号 PCT/JP98/05061		(74) 代理人 弁理士 前田 均, 外(MAEDA, Hitoshi et al.) 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町一丁目22番地 北信ビル2階 前田・西出国際特許事務所 Tokyo, (JP)	
(22) 国際出願日 1998年11月10日(10.11.98)			
(30) 優先権データ 特願平9/308342 1997年11月11日(11.11.97) JP 特願平10/52830 1998年2月18日(18.02.98) JP 特願平10/146604 1998年5月12日(12.05.98) JP 特願平10/144303 1998年5月26日(26.05.98) JP 特願平10/300525 1998年10月22日(22.10.98) JP		(81) 指定国 AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP] 〒100-0005 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo, (JP)		添付公開書類 国際調査報告書	
(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 白石直正(SHIRAISHI, Naomasa)[JP/JP] 竹内 仁(TAKEUCHI, Hitoshi)[JP/JP] 大和壮一(OWA, Soichi)[JP/JP] 〒100-0005 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP)			
(54)Title: PHOTOMASK, ABERRATION CORRECTING PLATE, EXPOSURE DEVICE AND METHOD OF PRODUCING MICRODEVICE			
(54)発明の名称 フォトマスク、収差補正板、露光装置、及びマイクロデバイスの製造方法			
(57) Abstract A photomask (R) having a substrate of fluorite (calcium fluoride (CaF ₂)). Protective films (42A to 42D) made of chromium (Cr), chromium oxide (CrO), or silicon oxide (SiO ₂ or SiO) are formed in the areas that come into contact with other members when the photomask is exposed, or exposing the other than the pattern area (40) where a pattern to be transferred is formed. The protective film prevents the breakage of the photomask made of a material having a low hardness such as fluorite.			
<p>A...SCANNING DIRECTION</p>			

(57)要約

蛍石（フッ化カルシウム（ CaF_2 ））を基板の材料として使用したフォトマスク（R）である。転写すべきパターンが形成されるパターン領域（40）以外の領域であって、フォトマスクを搬送又は露光する際に他の部材と接触する領域に、クロム（Cr）、酸化クロム（ CrO ）、又は酸化ケイ素（ SiO_2 又は SiO ）等よりなる保護膜（42A～42D）を形成する。蛍石のような硬度の低い材料により製造されたフォトマスクに破損が生じることが防止される。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール
AL	アルバニア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロヴェニア
AM	アルメニア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AT	オーストリア	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AU	オーストラリア	GB	英国	LT	リトアニア	SN	セネガル
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサウ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TR	トルコ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CA	カナダ	ID	インドネシア	MW	マラウイ	US	米国
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CG	コンゴ	IL	イスラエル	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CH	スイス	IN	インド	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CI	コートジボワール	IS	アイスランド	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CM	カメルーン	IT	イタリア	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CN	中国	JP	日本	PL	ポーランド		
CU	キューバ	KE	ケニア	PT	ポルトガル		
CY	キプロス	KG	キルギスタン	RO	ルーマニア		
CZ	チェコ	KP	北朝鮮	RU	ロシア		
DE	ドイツ	KR	韓国	SD	スーダン		
DK	デンマーク	KZ	カザフスタン	SE	スウェーデン		
EE	エストニア	LC	セントルシア				

明 細 書

フォトマスク、収差補正板、露光装置、及びマイクロデバイスの製造方法

技術分野

本発明は、例えば、半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド、その他のマイクロデバイスを製造するために用いられる露光装置、該露光装置に使用されるフォトマスク及び収差補正板、並びに該マイクロデバイスの製造方法に関する。

背景技術

半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程において、フォトマスク（レチクルを含む）のパターン像を投影光学系を介して感光基板上に転写する露光装置が使用されている。このような露光装置に使用されるフォトマスクは、一般に石英ガラスを用いて製造される。石英ガラスは、光の透過損失が少なく、温度変化に対して耐性があり、耐食性や弾性性能が良好で、線膨張率が小さい（約 $5.5 \times 10^{-7} / \text{K}$ ）等の優れた性質を有しており、精度の高いパターン形成が可能であるとともに、その作業性も良いという利点を有している。ここで、半導体集積回路は微細化の方向で開発が進み、フォトリソグラフィ工程においては、光源の短波長化が進んでおり、いわゆる真空紫外線、特に 200 nm よりも短い波長の光、例えば ArF エキシマレーザ（波長 193 nm ）や F₂ レーザ（波長 157 nm ）等の光が露光用光として用いられるようになってきた。

ところが、通常の石英ガラスは、波長が 200 nm 程度以下の光に適用すると、吸収や散乱によって透過損失が大きくなるとともに、吸収により生じる発熱や蛍光により光学性能が低下し、ガラス自体が経時的に変色するカラーセンターや密度が変化するコンパクション等を生じ、このことは波長が短くなるにつれて顕著となる。従って、通常の石英ガラスを用いる場合には、ArF エキシマレーザ（波長 193 nm ）程度の波長の光への適用が限界であると考えられ、それ以下の波長の光に対しては通常の石英ガラスを用いたフォトマスクを使用することは

一般に難しいものと考えられる。このため、200nm程度以下の波長の光に対しても透過率が高い材料である蛍石（ CaF_2 ）を用いてフォトリソマスクを製造することが検討されている。なお、かかる蛍石の使用は波長190nm以下の光に適用する場合に特に有効であると考えられるが、上述のArFエキシマレーザの場合についても透過率の観点からは、蛍石の使用が望ましい。

しかし、蛍石のモース硬度は4であり、従来のフォトリソマスクの基板材料である石英のモース硬度7に比べて柔らかく、フォトリソマスクとして使用するには、フォトリソマスクの搬送時に破損が生じやすく、またその破損箇所からの発塵により、パターン上に不要な異物が付着し、所望のパターンを露光できなくなる恐れがあるため、蛍石を用いてフォトリソマスクを製造する場合には、かかる観点から対策する必要がある。また、蛍石は温度変化に対して耐性が低く、脆弱で傷つき易く、パターンの形成過程において破損が生じたり、線膨張率が石英に比べて大きいため、高い精度のマスクパターンを形成するためには特別な管理、対策が必要であるとともに、露光装置に適用されて実際に露光処理を行う場合に温度を極めて厳密に管理しなければならない、より高い精度で感光基板上にパターンを転写するためには支障がある場合がある。

以上はフォトリソマスクについての問題であるが、露光装置には投影光学系のディストーション等の収差による像歪みを補正するため、フォトリソマスクと感光基板との間の結像光路中（例えば、フォトリソマスクと投影光学系の間）に固定的にあるいは着脱可能に透明な収差補正板を装着することがあり、かかる場合の収差補正板についても上述のフォトリソマスクと同様の問題がある。そして、これらのフォトリソマスクや収差補正板についての問題は、露光装置の短波長化の障害となり、感光基板上に形成するパターンの微細化への対応を難しくするとともに、経時的に安定した露光性能の実現や長寿命の露光装置の提供を難しくしていた。

発明の開示

よって、本発明の第1の目的は、露光波長をより短波長化し、より微細なパターンの転写を可能とするため、蛍石のような硬度の低い材料を用いて製造されたフォトリソマスクであっても、フォトリソマスクの搬送時、又は走査露光時に破損が生じ

ないフォトマスクを提供することである。

本発明の第2の目的は、特に短波長（波長200nm程度以下）の光を用いて露光を行う露光装置に使用されるフォトマスクであって、光透過率が高く、耐紫外線性が良好で、かつ加工作業性が良く、高精度を実現できるフォトマスクを提供することである。

本発明の第3の目的は、特に短波長（波長200nm程度以下）の光を用いて露光を行う露光装置に使用される収差補正板であって、光透過率が高く、耐紫外線性が良好で、かつ加工作業性が良く、高精度を実現できる収差補正板を提供することである。

本発明の第4の目的は、感光基板上に形成するパターンの微細化に対応できるとともに、露光性能の経時的な劣化が少なく、寿命の長い露光装置を提供することである。

本発明の第5の目的は、良好な品質のマイクロデバイスを製造するための方法を提供することである。

1. 前記第1の目的を達成するため、本発明によると、基板と、前記基板に形成された転写用のパターンと、前記基板に形成された該基板を保護するための保護膜と、を備えたフォトマスクが提供される。前記保護膜は、基板の外面の転写用のパターンが形成された領域外の領域中で、そのフォトマスクを保持する部材との接触面、及びこの接触面の近傍の領域の少なくとも一部に形成することができる。

かかる本発明のフォトマスクによれば、フォトマスクの基板を保護するための保護膜を形成したので、蛍石のような硬度の低い材料を用いて製造されたフォトマスクであっても、フォトマスクの搬送時、又は走査露光時にフォトマスクに破損が生じることはない。前記フォトマスクは、波長が190nm以下の照明光に照射されることが望ましい。この場合、波長が190nm以下の極紫外の照明光により極めて微細なパターンを転写することができる。前記フォトマスクの基板は、フッ化カルシウム（ CaF_2 ）より形成されていることが望ましい。なお、その代表的なものは蛍石である。この場合、 F_2 エキシマレーザ（波長157nm）等の極紫外の露光光を露光に使用することができる。前記保護膜は、クロム

(Cr)、酸化クロム(CrO)、又は酸化ケイ素(SiO₂又はSiO)よりなることが望ましい。この場合、フォトマスクの破損を防ぐための保護膜形成のためのコストを低く抑えることができる。

前記保護膜は、前記パターンと同一の材料で形成することができる。また、前記保護膜は、前記基板の前記パターンの形成面に設け、あるいは前記基板の端面に設けることができる。

2. 前記第2の目的を達成するため、本発明によると、波長が200nm程度以下の照明光を射出する光源を備えた露光装置に使用されるフォトマスクであって、フッ素がドーブされた石英ガラスからなる基板と、前記基板に形成されたパターンと、を備えたフォトマスクが提供される。前記石英ガラスは、ケイ素化合物を火炎中で加水分解せしめて得たガラス微粒子を堆積させて多孔質ガラスを形成し、該多孔質ガラスをフッ素含有雰囲気中で加熱処理してフッ素をドーブした後、透明化することにより製造することができる。

フッ素がドーブされた石英ガラスは、該ガラス中の不完全な構造(結合)がフッ素により終端され、より完全な構造となり、紫外線の吸収が少なくなるとともに、紫外線の強いエネルギーを受けても安定にその構造を保つことができる。従って、波長が200nm程度以下の紫外線を照明光として使用する場合に光透過率が高く、紫外線照射による経時的な劣化(カラーセンターやコンパクションの発生等)が少ないフォトマスクが提供される。さらに、蛍石を用いて製造されたフォトマスクと比較して、加熱・冷却に対して耐性があるとともに傷つき難いので、パターンの形成を含む製造の作業性が良いとともに、線膨張率が極めて小さいので、精度の高いフォトマスクが提供される。

また、前記石英ガラスは、さらに水素がドーブされていることが望ましい。フッ素に加えて水素をドーブすることにより、紫外線の照射により結合が切れた場合に、ドーブされた水素分子により終端されるため、さらに耐紫外線性を向上することができる。このようにすれば、さらに紫外線照射による劣化が少ないフォトマスクが提供されるからである。さらに、前記石英ガラス中のOH基の濃度は、100ppm以下とすることが望ましい。本発明のフォトマスクを、波長170nm程度以下の照明光を照射する光源を備えた露光装置において使用する場合に

は、石英ガラス中のOH基の濃度を100ppm以下に抑えることで、そのような極短波長の光束に対する透過率を向上させることができるからである。

3. 前記第2の目的を達成するため、本発明によると、波長が200nm程度以下の照明光を射出する光源を備えた露光装置に使用されるフォトマスクであって、構造決定温度が1200K以下で、かつOH基濃度が1000ppm以上である石英ガラスを用いて製造された基板と、前記基板に形成されたパターンと、を備えたフォトマスクが提供される。

1000ppm以上のOH基を含有する石英ガラスは、それ以外の石英ガラスに比較して構造的に安定しており、構造決定温度がより低下する傾向にある。そして、構造決定温度は低い方がガラス内の歪んだ結合部分が少なくなると考えられることから、紫外線照射によるかかる歪んだ結合部分の切断が少なくなり、これにより散乱損失や吸収損失が小さくなり、耐紫外線性が向上する。従って、波長が200nm程度以下の紫外線を照明光として使用する場合に光透過率が高く、紫外線照射による経時的な劣化（カラーセンターやコンパクションの発生等）が少ないフォトマスクが提供される。さらに、蛍石を用いて製造されたフォトマスクと比較して、加熱・冷却に対して耐性があるとともに傷つき難いので、パターンの形成を含む製造の作業性が良いとともに、線膨張率が極めて小さいので、精度の高いフォトマスクが提供される。

なお、ここでいう「構造決定温度」とは、石英ガラスの構造安定性を表すパラメータとして導入されたファクターである。室温での石英ガラスの密度揺らぎ、即ち構造安定性は、高温で融液状態にある石英ガラスの密度、構造が冷却過程においてガラス転移点付近で凍結されたときの密度、構造によって決定される。即ち、密度、構造が凍結されたときの温度に相当する熱力学的密度、構造が室温下でも保存されるのである。その密度、構造が凍結されたときの温度を、「構造決定温度」と定義する。

4. 前記第2の目的を達成するため、本発明によると、波長が200nm程度以下の照明光を射出する光源を備えた露光装置に使用されるフォトマスクであって、薄板状の石英ガラスからなる基板と、前記基板に形成されたパターンと、前記基板の変形を防止するように該基板を保持する、少なくとも前記照明光が通過

する領域が前記基板と同程度以上の透過率を有する材料からなる補強部材と、を備えたフォトマスクが提供される。前記石英ガラスは、前記パターンの形成面が前記補強部材にほぼ密着するように固定されていることが望ましい。前記補強部材の前記材料としては、フッ素がドーブされた石英ガラス、OH基濃度が1000ppm以上である石英ガラス、フッ化カルシウム、水晶、及びフッ化マグネシウムのいずれかを採用することができる。

石英ガラスを透過する光の損失は該ガラスの板厚に比例して大きくなるから、該ガラスを薄板状としてこれにパターンを形成して、この部分における透過損失を減少させた。そして、この薄板状の石英ガラスを少なくとも照明光が通過する領域が該石英ガラスと同程度以上の透過率を有する材料からなる補強部材で保持することにより、薄板状であることによる強度的な弱さを改善し、撓みの発生等を防止した。パターンは薄板状の石英ガラスに形成するから、波長が200nm程度以下の紫外線を照明光として使用する場合にも損失が少なく、また、加熱・冷却による劣化も少なく、線膨張率も小さいので、精度の高いパターンを容易に形成できる。また、パターンが形成された石英ガラスは、補強部材によって補強されているので、撓みの発生も少なく、高精度で優れた特性を有するフォトマスクが提供される。前記石英ガラスは、フッ素がドーブされていることが望ましい。薄板状の石英ガラスにフッ素をドーブすることにより、さらに透過損失を低減できるとともに、耐紫外線性を向上することができるからである。

5. 前記第4の目的を達成するため、本発明によると、露光装置であって、波長が200nm程度以下の照明光をフォトマスクに照射する照明光学系と、前記フォトマスクから出射する照明光を感光基板上に投射する投影光学系と、前記投影光学系の物体面側に配置され、前記フォトマスクを前記物体面にほぼ沿って移動するステージと、前記ステージに設けられ、前記フォトマスクを保持してその変形を防止するために、少なくとも前記照明光が通過する領域が前記フォトマスクと同程度以上の透過率を有する材料からなる補強部材と、を備えた露光装置が提供される。前記フォトマスクは、前記パターンの形成面が前記補強部材にほぼ密着するように固定されていることが望ましい。前記補強部材の前記材料としては、フッ素がドーブされた石英ガラス、OH基濃度が1000ppm以上である

石英ガラス、フッ化カルシウム、水晶、及びフッ化マグネシウムのいずれかを採用することができる。

この露光装置によると、フォトマスクはこれと同程度以上の透過率を有する材料からなる補強部材に保持されているから、該フォトマスクの撓み等の変形が防止され、従って、高精度のパターン転写を実現できる。また、該フォトマスクを薄くしてもその撓み等の変形が防止されるから、精度低下を招くことなく、透過損失を小さくすることが可能である。

6. 前記第3の目的を達成するため、本発明によると、波長が200nm程度以下の照明光で照射されるパターンの像を所定面上に投影する投影光学系の収差補正板であって、フッ素がドーパされた石英ガラス、又は構造決定温度が1200K以下で、かつOH基濃度が1000ppm以上である石英ガラスを用いて製造された収差補正板が提供される。

フッ素がドーパされた石英ガラスは、該ガラス中の不完全な構造（結合）がフッ素により終端され、より完全な構造となり、紫外線の吸収が少なくなるとともに、紫外線の強いエネルギーを受けても安定にその構造を保つことができる。また、1000ppm以上のOH基を含有する石英ガラスは、それ以外の石英ガラスに比較して構造的に安定しており、構造決定温度がより低下する傾向にある。そして、構造決定温度は低い方がガラス内の歪んだ結合部分が少なくなると考えられることから、紫外線照射によるかかる歪んだ結合部分の切断が少なくなり、これにより散乱損失や吸収損失が小さくなり、耐紫外線性が向上する。従って、波長が200nm程度以下の紫外線を照明光として使用する場合に光透過率が高く、紫外線照射による経時的な劣化（カラーセンターやコンパクションの発生等）が少ない収差補正板が提供される。さらに、傷つき難いので、ディストーションの分布等に対応した形状への研磨加工を含む製造の作業性が良いとともに、線膨張率が極めて小さいので、精度の高い収差補正を行うことができる収差補正板が提供される。

7. 前記第4の目的を達成するため、本発明によると、露光装置であって、波長が200nm程度以下の照明光をフォトマスクに照射する照明光学系と、前記フォトマスクから出射する照明光を感光基板上に投射する投影光学系と、フッ素

がドープされた石英ガラスからなり、前記投影光学系の非回転対称な収差を補正する、前記フォトマスクと前記感光基板との間の結像光路中に配置された収差補正板と、を備えた露光装置が提供される。

この露光装置によると、前記所定の石英ガラスを用いた収差補正板を備えており、この収差補正板は、波長が200 nm程度以下の紫外線の照射に対して透過率が高く、経時的な劣化が少ないという優れた特性を有しているから、経時的に安定した収差補正を行うことができる。従って、長期に渡って高い露光精度を実現でき、装置の信頼性を向上できるとともに、長寿命化を図ることもできる。

8. 前記第2の目的を達成するため、本発明によると、フォトマスクであって、水晶板からなる基板と、前記基板に形成されたパターンと、を備えたフォトマスクが提供される。

水晶、即ち結晶した石英は、真空紫外域においても吸収が少なく（赤外線領域、可視光線域でも同様）、紫外線の強いエネルギーを受けても安定にその構造を保つことができる。従って、波長が極めて短い（例えば、波長200 nm程度以下）の紫外線を照明光として使用する場合にも光透過率が高く、紫外線照射による経時的な劣化が少ないフォトマスクが提供される。さらに、蛍石を用いて製造されたフォトマスクと比較して、加熱・冷却に対して耐性があると同時に傷つき難いので、パターンの形成を含む製造の作業性が良いとともに、線膨張率が小さいので、精度の高いフォトマスクが提供される。

9. 前記第4の目的を達成するため、本発明によると、露光装置であって、水晶板に転写すべきパターンを形成してなるフォトマスクと、照明光を前記フォトマスクに照射する照明光学系と、前記フォトマスクから出射する照明光を感光基板上に投射する投影光学系と、を備えた露光装置が提供される。

本発明の露光装置に採用したフォトマスクは、水晶、即ち結晶した石英からなり、該水晶は真空紫外域においても吸収が少なく、紫外線の強いエネルギーを受けても安定にその構造を保つことができる。従って、露光光源として波長が極めて短い（例えば、波長200 nm程度以下）の紫外線を射出するものを使用することができるので、感光基板上に形成するパターンの微細化に対応できるとともに、露光性能を長期間に渡って安定に保つことができ、長寿命化を図ることがで

きる。

10. 前記第5の目的を達成するため、本発明によると、マイクロデバイスの製造方法であって、回路パターンとともにマスクに形成される保護膜に凸部を接触させて前記マスクを保持するとともに、前記保持されたマスクに波長が200nm程度以下の照明光を照射し、前記マスクを介して前記照明光で、前記マイクロデバイスが形成される基板上の感光層を露光して、前記基板上に前記回路パターンを転写するマイクロデバイスの製造方法が提供される。

かかる本発明のマイクロデバイスの製造方法によれば、マスクをその保護膜が形成された部分に凸部を接触させて保持してパターンを転写するようにしたので、マスクの保持に伴う破損や発塵が防止され、該破損片などがマスクやその他の光学素子などに付着して不良パターンを形成することが防止され、良好な品質を有するマイクロデバイスを製造することができる。

11. 前記第5の目的を達成するため、本発明によると、マイクロデバイスの製造方法であって、フッ素ドーパド石英ガラス、OH基濃度が1000ppm以上の石英ガラス、フッ化マグネシウム、及び水晶のいずれかが用いられるマスクに、波長が200nm程度以下の照明光を照射し、前記マスクを介して前記照明光で、前記マイクロデバイスが形成される基板上の感光層を露光して、前記基板上に前記マスクのパターンを転写するマイクロデバイスの製造方法が提供される。この場合において、投影光学系を介して前記感光層を照明するとともに、水晶からなるマスクを用いる場合には、前記マスクの光学軸が前記投影光学系の光軸とほぼ平行となるように配置すると良い。

かかる本発明のマイクロデバイスの製造方法によれば、短波長の照明光を用いてもマスクの経時的な劣化が少ないので、高品質なマイクロデバイスを長期に渡り安定的に製造することができる。

図面の簡単な説明

図1aは、本発明の第1実施形態のレチクルの底面図、

図1bは、本発明の第1実施形態のレチクルの側面図、

図2aは、本発明の第1実施形態の一部を改良したレチクルの底面図、

図 2 b は、本発明の第 1 実施形態の一部を改良したレチクルの側面図、
図 3 は、本発明の第 1 実施形態の投影露光装置の概略構成図、
図 4 は、本発明の第 2 実施形態の投影露光装置の概略構成図、
図 5 a は、本発明の第 2 実施形態の収差補正板により補正されるべき非対称な
残留ディストーションの一例を示す図、
図 5 b は、本発明の第 2 実施形態の収差補正板の形状及び配置を示す断面図、
図 6 は、本発明の第 2 実施形態のフッ素ドープ石英ガラスの製造工程図、
図 7 a は、本発明の第 3 実施形態のレチクルの正面図、
図 7 b は、本発明の第 3 実施形態のレチクルの平面図、
図 8 a は、本発明の第 3 実施形態の補強基板の底面図、
図 8 b は、本発明の第 3 実施形態の補強基板の側面図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明をより詳細に説明するために、添付の図面に従って説明する。

第 1 実施形態

以下、本発明の第 1 実施形態につき図 1 a 及び図 1 b を参照して説明する。図 1 a はフォトマスクとしての本例のレチクル R のパターン面を示し、図 1 b はその側面図を示している。これらの図 1 a および図 1 b において、レチクル R はフッ化カルシウム (CaF_2) としての蛍石からなる平板状の基板に、転写すべきパターン、及び所定の保護膜等を形成したものである。即ち、レチクル R のパターン面（底面）の中央部のパターン領域 40 に転写すべきパターンが形成されている。また、パターン領域 40 の両側には、このレチクル R を露光装置（パターン転写装置）に対して位置合わせするための、レチクルアライメントマーク 41 A、41 B が形成されている。そして、レチクルアライメントマーク 41 A、41 B の上下には、例えば転写すべきパターンを形成する材料と同じ材料よりなる保護膜 42 A～42 D が形成されている。

通常、レチクル R が露光装置に装填される際には、露光動作中のレチクル R の

位置ずれを防止するため、レチクルRのパターン領域40側の面内の所定の領域が、レチクルホルダに真空吸着される。本例のレチクルRは、この真空吸着が行われる領域に保護膜42A～42Dが形成されており、レチクルRの真空吸着面が、保護膜42A～42Dで覆われることになる。また、本例のレチクルRを走査型露光装置にロードする場合には、レチクルアライメントマーク41A、41Bの対称軸に平行な方向が走査方向となる。

このように、本例のレチクルRの真空吸着面には保護膜が形成されているため、蛍石のような柔らかい材質の基板を使用するレチクルであっても、露光装置との接触時に損傷等が生じることはなく、また損傷が生じる際の異物の発生や、その異物のパターン面への付着も完全に防止することができる。また、露光時のみでなく、露光装置へのレチクルRの搬入、及び露光装置からのレチクルRの搬出時や、レチクルRがケースに収納された状態においても、レチクルは一般に、本例のレチクルRにおいて保護膜42A～42Dが形成されている領域が、レチクルローダ、又はケースと接触しながら搬送、及び保持されているため、保護膜42A～42Dによりこれらの段階における損傷及び発塵も防止される。

なお、この保護膜42A～42Dが形成されている領域は、転写すべきパターンの描画されたパターン領域40とは異なる位置にあるので、保護膜42A～42Dの材質は露光光を透過できないものであっても良く、例えばCVD (Chemical Vapor Deposition) 法で成長させたダイヤモンドなども使用できる。また、酸化ケイ素 (SiO_2 、又は SiO) を使用する場合には、製造コストを低下できる利点がある。パターン領域40に使用する遮光パターンの材質に、転写すべきパターンと同じクロム (Cr)、酸化クロム (CrO)、あるいはケイ化モリブテン (例えば MoSi_2) を使用する場合には、パターン領域40の成膜と同時に、保護膜42A～42Dの成膜も行うことが可能であるため、成膜工程が簡略化され、製造コストを低下できる利点がある。本例では、レチクルRの基板の材質には蛍石を使用するとしたが、極紫外光に対して高い透過率を有するリン (P) あるいは後述するようなフッ素 (F) 入りの石英ガラスなどを使用する場合にも、保護膜42A～42Dを形成することにより、レチクルRの搬送時、又は走査露光時に破損が生じることを防止できる。

次に、この第1実施形態のフォトマスクの改良例につき図2a及び図2bを参照して説明する。図2a及び図2bは側面にも保護膜42E、42F、42G、42Hを形成したレチクルR1を示すものであり、レチクルR1の側面に保護膜42E～42Hを形成することにより、レチクルの欠陥検査時等にレチクルの側面が他の部材と接触するような場合に、レチクルの破損を防ぐことができる。このように、レチクルが他の部材と接触する箇所全てに保護膜を形成することにより、レチクルの破損を完全に防ぐことができる。

次に、上記の実施の形態のレチクルの使用方法の一例につき説明する。以下では、図1a及び図1bに示したレチクルRを使用してステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置で露光を行う場合について図3を参照して説明する。

図3は、本例の投影露光装置の概略構成を示し、この図3において、F₂レーザ光源1からの波長157nmで狭帯化された露光光としての紫外パルス光ILは、露光装置本体との間で光路を位置的にマッチングさせるための可動ミラー等を含むビームマッチングユニット(BMU)3を通り、パイプ(ロッド)5を介して光アッテネータとしての可変減光器6に入射する。ウエハ上のレジストに対する露光量を制御するための露光コントローラ30が、F₂レーザ光源1の発光の開始及び停止、並びに発振周波数、及びパルスエネルギーで定まる出力を制御すると共に、可変減光器6における紫外パルス光に対する減光率を段階的、又は連続的に調整する。なお、露光光として波長193nmのArFエキシマレーザ光、又はその他の波長250nm程度以下のレーザ光等を使用する場合にも本発明が適用される。

可変減光器6を通った紫外パルス光ILは、所定の光軸に沿って配置されるレンズ系7A、7Bよりなるビーム整形光学系を経てフライアイレンズ11に入射する。このように、本例ではフライアイレンズ11は1段であるが、照度分布均一性を高めるために、例えば特開平1-235289号公報、及びこれに対応する米国特許第5,307,207号に開示されているように、フライアイレンズを直列に2段配置するようにしてもよい。フライアイレンズ11の射出面には照明系の開口絞り系12が配置されている。開口絞り系12には、通常照明用の円形の開口絞り、複数の偏心した小開口よりなる変形照明用の開口絞り、輪帯照明

用の開口絞り等が切り換え自在に配置されている。フライアイレンズ11から射出されて開口絞り系12中の所定の開口絞りを通過した紫外パルス光ILは、透過率が高く反射率が低いビームスプリッタ8に入射する。ビームスプリッタ8で反射された紫外パルス光は、光電検出器よりなるインテグレートセンサ9に入射し、インテグレートセンサ9の検出信号は露光コントローラ30に供給されている。なお、オプティカルインテグレート（ホモジナイザー）としてフライアイレンズの代わりに、あるいはフライアイレンズとともにロッド・インテグレートを用いてもよい。

ビームスプリッタ8の透過率、及び反射率は予め高精度に計測されて、露光コントローラ30内のメモリに記憶されており、露光コントローラ30は、インテグレートセンサ9の検出信号より間接的に投影光学系PLに対する紫外パルス光ILの入射光量、及びその積分値をモニタできるように構成されている。なお、投影光学系PLに対する入射光量をモニタするためには、図3中に2点鎖線で示すように、例えばレンズ系7Aの前にビームスプリッタ8Aを配置し、このビームスプリッタ8Aからの反射光を光電検出器9Aで受光し、光電検出器9Aの検出信号を露光コントローラ30に供給するようにしてもよい。

ビームスプリッタ8を透過した紫外パルス光ILは、コンデンサレンズ系14を経てレチクルブラインド機構16内の固定照明視野絞り（固定ブラインド）15Aに入射する。固定ブラインド15Aは、例えば特開平4-196513号公報、及びこれに対応する米国特許第5,473,410号に開示されているように、投影光学系PLの円形視野内の中央で走査露光方向と直交した方向に直線スリット状、又は矩形状（以下、まとめて「スリット状」と言う）に伸びるように配置された開口部を有する。更に、レチクルブラインド機構16内には、固定ブラインド15Aとは別に照明視野領域の走査露光方向の幅を可変とするための可動ブラインド15Bが設けられ、この可動ブライント15Bによってレチクルステージの走査移動ストロークの低減、レチクルRの遮光帯の幅の低減を図っている。可動ブラインド15Bの開口率の情報は露光コントローラ30にも供給され、インテグレートセンサ9の検出信号から求められる入射光量にその開口率を乗じた値が、投影光学系PLに対する実際の入射光量となる。

レチクルブラインド機構 16 の固定ブラインド 15 A でスリット状に整形された紫外パルス光 I L は、結像用レンズ系 17、反射ミラー 18、及び主コンデンサレンズ系 19 を介して、レチクル R の回路パターン領域上で固定ブラインド 15 A のスリット状の開口部と相似な照明領域を一様な強度分布で照射する。即ち、固定ブラインド 15 A の開口部、又は可動ブラインド 15 B の開口部の配置面は、結像用レンズ系 17 と主コンデンサレンズ系 19 との合成系によってレチクル R のパターン面とほぼ共役となっている。

紫外パルス光 I L のもとで、レチクル R の照明領域内の回路パターンの像が両側テレセントリックな投影光学系 P L を介して所定の投影倍率 β (β は例えば $1/4$ 、 $1/5$ 等) で、投影光学系 P L の結像面に配置されたウエハ W 上のレジスト層のスリット状の露光領域に転写される。その露光領域は、ウエハ W 上の複数のショット領域のうちの 1 つのショット領域上に位置している。本例の投影光学系 P L は、ジオプトリック系 (屈折系) であるが、カタジオプトリック系 (反射屈折系) も使用できることは言うまでもない。以下、投影光学系 P L の光軸 A X に平行に Z 軸を取り、Z 軸に垂直な平面内で走査方向 (ここでは図 3 の紙面に平行な方向) に X 軸を取り、走査方向に直交する非走査方向 (ここでは図 3 の紙面に垂直な方向) に Y 軸を取って説明する。

このとき、レチクル R は、保護膜 42 A ~ 42 D の形成されている領域がレチクルステージ 20 A 上に真空吸着され、レチクルステージ 20 A 上に保持される。レチクルステージ 20 A は、レチクルベース 20 B 上に X 方向に等速移動できると共に、X 方向、Y 方向、回転方向に微動できるように載置されている。レチクルステージ 20 A (レチクル R) の 2 次元的位置、及び回転角は駆動制御ユニット 22 内のレーザ干渉計によってリアルタイムに計測されている。この計測結果、及び装置全体の動作を統轄制御するコンピュータよりなる主制御系 27 からの制御情報に基づいて、駆動制御ユニット 22 内の駆動モータ (リニアモータやボイスコイルモータ等) は、レチクルステージ 20 A の走査速度、及び位置の制御を行う。

そして、レチクル R のアライメントを行う際には、レチクルアライメントマーク 41 A、41 B の中心を投影光学系 P L の露光フィールドのほぼ中心に設定し

た状態で、レチクルアライメントマーク 41 A, 41 B が底面側から露光光 I L と同じ波長域の照明光で照明される。レチクルアライメントマーク 41 A, 41 B の像はウエハステージ 24 上のアライメントマーク (不図示) の近傍に形成され、レチクルアライメント顕微鏡 (不図示) でレチクルアライメントマーク 41 A, 41 B の像に対するウエハステージ 24 上のアライメントマークの位置ずれ量を検出し、これらの位置ずれ量を補正するようにレチクルステージ 20 A を位置決めすることで、レチクル R のウエハ W に対する位置合わせが行われる。この際に、アライメントセンサ (不図示) で対応する基準マークを観察することで、アライメントセンサの検出中心からレチクル R のパターン像の中心までの間隔 (ベースライン量) が算出される。ウエハ W 上に重ね合わせ露光を行う場合には、アライメントセンサの検出結果をそのベースライン量で補正した位置に基づいてウエハステージ 24 を駆動することで、ウエハ W 上の各ショット領域にレチクル R のパターン像を高い重ね合わせ精度で走査露光できる。

一方、ウエハ W は、ウエハホルダ WH を介して Z チルトステージ 24 Z 上に吸着保持され、Z チルトステージ 24 Z は、投影光学系 P L の像面と平行な X Y 平面に沿って 2 次元移動する X Y ステージ 24 X Y 上に固定され、Z チルトステージ 24 Z 及び X Y ステージ 24 X Y よりウエハステージ 24 が構成されている。Z チルトステージ 24 Z は、ウエハ W のフォーカス位置 (Z 方向の位置)、及び傾斜角を制御してウエハ W の表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系 P L の像面に合わせ込み、X Y ステージ 24 X Y はウエハ W の X 方向への等速走査、及び X 方向、Y 方向へのステッピングを行う。Z チルトステージ 24 Z (ウエハ W) の 2 次元的位置、及び回転角は駆動制御ユニット 25 内のレーザ干渉計によってリアルタイムに計測されている。この計測結果及び主制御系 27 からの制御情報に基づいて、駆動制御ユニット 25 内の駆動モータ (リニアモータ等) は、X Y ステージ 24 X Y の走査速度、及び位置の制御を行う。ウエハ W の回転誤差は、主制御系 27 及び駆動制御ユニット 22 を介してレチクルステージ 20 A を回転することで補正される。

主制御系 27 は、レチクルステージ 20 A、及び X Y ステージ 24 X Y のそれぞれの移動位置、移動速度、移動加速度、位置オフセット等の各種情報を駆動制

御ユニット 22 及び 25 に送る。そして、走査露光時には、レチクルステージ 20 A を介して紫外パルス光 I L の照明領域に対してレチクル R が +X 方向（又は -X 方向）に速度 V_r で走査されるのに同期して、XY ステージ 24 XY を介してレチクル R のパターン像の露光領域に対してウエハ W が -X 方向（又は +X 方向）に速度 $\beta \cdot V_r$ （ β はレチクル R からウエハ W への投影倍率）で走査される。

また、主制御系 27 は、上述のレチクルブラインド機構 16 内に設けられている可動ブラインド 16 B の各ブレードの移動を走査露光時のレチクルステージ 20 A の移動と同期するための制御を行う。更に主制御系 27 は、ウエハ W 上の各ショット領域のレジストを適正露光量で走査露光するための各種露光条件を設定して、露光コントローラ 30 とも連携して最適な露光シーケンスを実行する。即ち、ウエハ W 上の 1 つのショット領域への走査露光開始の指令が主制御系 27 から露光コントローラ 30 に発せられると、露光コントローラ 30 は F_2 レーザ光源 1 の発光を開始すると共に、インテグレートセンサ 9 を介して投影光学系 P L に対する入射光量の積分値を算出する。その積分値は走査露光開始時に零にリセットされている。そして、露光コントローラ 30 では、その入射光量の積分値より投影光学系 P L の透過率を逐次算出し、この透過率に応じて、走査露光後のウエハ W 上のレジストの各点で適正露光量が得られるように、 F_2 レーザ光源 1 の出力（発振周波数、及びパルスエネルギー）及び可変減光器 6 の減光率を制御する。そして、当該ショット領域への走査露光の終了時に、 F_2 レーザ光源 1 の発光が停止される。

また、本例の Z チルトステージ 24 Z 上のウエハホルダ W H の近傍には光電検出器よりなる照射量モニタ 32 が設置され、照射量モニタ 32 の検出信号も露光コントローラ 30 に供給されている。照射量モニタ 32 は、投影光学系 P L による露光領域の全体を覆う大きさの受光面を備え、XY ステージ 24 XY を駆動してその受光面を投影光学系 P L の露光領域を覆う位置に設定することで、投影光学系 P L を通過した紫外パルス光 I L の光量を計測できる。本例では、インテグレートセンサ 9 及び照射量モニタ 32 の検出信号を用いて投影光学系 P L の透過率を計測する。なお、照射量モニタ 32 の代わりに、その露光領域内での光量分布を計測するためのピンホール状の受光部を有する照度むらセンサを使用しても

よい。

本例ではF₂レーザ光源1を用いているため、パイプ5内から可変減光器6、レンズ系7A、7B、更にフライアイレンズ11～主コンデンサレンズ系19までの各照明光路を外気から遮断するサブチャンバ35が設けられ、そのサブチャンバ35内の全体には配管36を通して酸素含有率を極めて低く抑えたヘリウムガス(He)が供給される。同様に、投影光学系PLの鏡筒内部の空間(複数のレンズ素子間の空間)の全体にも配管37を介してヘリウムガスが供給される。図示していないが、F₂レーザ光源1の内部にもヘリウムガスが供給されている。

そのヘリウムガスの供給は、サブチャンバ35や投影光学系PLの鏡筒の気密性が高い場合は、一度大気との完全な置換が行われた後はそれ程頻繁に行う必要はない。しかしながら、光路内に存在する各種の物質(硝材、コート材、接着剤、塗料、金属、セラミックス等)から生じる水分子や炭化水素分子、あるいはシリコン系有機物等が光学素子の表面に付着して起こる透過率変動を考慮すると、温度制御されたヘリウムガスを光路内で強制的にフローさせつつ、ケミカルフィルタや静電フィルタによってそれらの不純物分子を除去していくことも必要である。

上述のように、本例のレチクルRは、真空吸着等によりレチクルと他の部材とが接触する箇所に保護膜が形成されるため、走査露光時にレチクルに損傷が生じることがなく、走査速度を高速にできる利点がある。また、一括露光型(静止露光型)の投影露光装置に使用する際にも、レチクルの搬送時等に損傷が生じることが保護膜により防止されるという利点がある。従って、蛍石のような硬度の低い材料を用いて製造されたレチクルであっても、レチクルの搬送時、又は走査露光時にレチクルに破損が生じることはなく、F₂レーザ等の極紫外の露光光を透過することができる蛍石をフォトマスクの材質として使用することができ、露光装置で使用する露光波長を短波長化し、より微細なパターンを転写することができる。特にこのレチクルを走査型露光装置に使用する場合には、走査速度を高めてスループットを向上できる利点がある。保護膜がクロム(Cr)、又は酸化クロム(CrO)よりなる場合には、遮光パターンと保護膜との材料が共通化でき、遮光パターンの形成と同時に、保護膜の成膜も行うことができるため、成膜工程が簡略化され経済的である。保護膜が酸化ケイ素(SiO₂又はSiO)よりな

る場合には、酸化ケイ素の入手が容易であるため、保護膜形成のためのコストを低く抑えることができる利点がある。

第2実施形態

1. 全体構成

図4は本発明の第2実施形態のステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置の概略構成図である。上述した第1実施形態（図3）と実質的に同一の構成部分については、同一の符号を付して説明を省略することにする。

第1実施形態で説明した投影露光装置（図3）との差異は、レチクルRを真空吸着するレチクルホルダ20Dを、伸縮可能な複数（例えば4つ）の駆動素子（圧電素子など）20Cを介してレチクルステージ20A上に載置したことである。なお、図4ではレチクルステージ20Aが配置されるレチクルベース（図3の符号20B）を図示省略している。さらに、後述の如く収差補正板38をレチクルRと投影光学系PLとの間に配置したことである。

2. 結像特性の補正

図4の装置には投影光学系PLの結像特性を補正するための補正機構が設けられている。この補正機構は、主に対称性の像歪等の結像特性を補正する第1補正機構、及び主に非対称性の像歪等の結像特性を補正する第2補正機構から構成されている。まず、第1補正機構について説明する。投影光学系PLの結像特性としては、焦点位置（フォーカス位置）、像面湾曲、ディストーション（像歪）、非点収差、コマ収差、球面収差、投影倍率、及びテレセントリシティ等があり、それらを補正する機構はそれぞれ考えられるが、ここではディストーションに関する補正機構の説明を行う。この実施形態では、投影光学系PLの結像特性を実測によりあるいは計算により求めておき、その結果に基づき結像特性を補正する。

図4において、第1補正機構は、レチクルR（レチクルホルダ20D）の駆動機構20C及び投影光学系PLの最もレチクル側のレンズエレメント（最上位のレンズエレメント）の駆動機構（不図示）から構成されている。即ち、主制御系27の制御の下、不図示の結像特性制御系によってレチクルRを吸着保持するレ

チクルホルダ 20B 又は投影光学系 PL 内の最上位のレンズエレメントを駆動することにより、結像特性の補正を行う。

まず、最上位のレンズエレメントの駆動について説明する。投影光学系 PL 内において、最上位のレンズエレメントは支持部材に固定され、最上位のレンズエレメントに続く他のレンズエレメント等は投影光学系 PL の鏡筒本体に固定されている。なお、この実施形態において、投影光学系 PL の光軸 AX は該他のレンズエレメント以下の投影光学系 PL の本体の光学系の光軸を指すものとする。最上位のレンズエレメントの支持部材は伸縮自在の複数のピエゾ素子等からなる駆動素子を介して投影光学系 PL の鏡筒本体と連結されている。この場合、該駆動素子の伸縮により、該最上位のレンズエレメントを光軸 AX に平行に移動することができる。また、駆動素子を 3 個設けて独立に伸縮させることによって、最上位のレンズエレメントを光軸 AX に垂直な面に対して傾けることもでき、これらの動作によって投影光学系 PL の結像特性、例えば投影倍率、ディストーション、像面湾曲、非点収差等を補正することができるようになっている。

ここで、最上位のレンズエレメントが光軸 AX の方向に平行移動した場合、その移動量に応じた変化率で投影光学系 PL の投影倍率（レチクルからウエハへの倍率）が変化する。また、該最上位のレンズエレメントが光軸 AX に垂直な平面に対して傾斜した場合は、その回転軸に対して一方の投影倍率が拡大し、他方の投影倍率が縮小して、所謂、正方形の像が台形状に歪む変形を起こすことができる。逆に、台形状の歪みは該最上位のレンズエレメントの傾斜によって補正することになる。

次に、レチクル R の駆動について説明する。前記のように、レチクルホルダ 20D の底面の複数の駆動素子（例えば、ピエゾ素子）20C の伸縮により投影光学系 PL とレチクル R との間隔を変化させることができる。ここで、レチクル R が光軸 AX に平行に移動した場合、投影像には所謂糸巻型（あるいは O 型）ディストーションと呼ばれる収差を発生させることができる。なお、投影光学系 PL の前記最上位のレンズエレメントを駆動する駆動素子やレチクル R を駆動する駆動素子 20C としては、ピエゾ素子の他、電歪素子や磁歪素子等が使用できる。

上記のように、レチクル R あるいは投影光学系 PL の最上位のレンズエレメン

トを駆動することにより、投影光学系PLの投影倍率あるいは像歪を最適に補正できる。また、これらを駆動することによって結像面のフォーカス位置あるいは傾斜角が変化するが、その量は焦点位置検出系（不図示）のオフセットとしてフィードバックされ、ウエハWの表面のフォーカス位置が常に投影光学系PLの結像面の平均的なフォーカス位置と一致するように制御されている。

なお、投影像の歪みを補正するための第1補正機構は上記の機構の他に、例えば投影光学系とレチクルとの間の空間に像歪を補正する部分的に微妙に曲率を持たせたようなガラスプレートを挿入する機構、あるいは投影光学系PLとレチクルRとの間の空間に厚さが可変のガラスプレート（例えば光学くさび等）を挿入する機構等も使用できる。特にこの厚さが可変のガラスプレートを挿入する方法は、レチクルRを上下する方法とほとんど等価であるが、レチクルステージ20Aの剛性に悪影響を与えることなく、同一の効果が得られる。また、投影光学系PLの一部のレンズ間の気体室を密封して、その圧力又は空気の組成（混合比）を変化させる方法等種々の方法が提案されており、これらも同様に使用できる。

これらの第1補正機構は、実測によりあるいは計算により求められた結像特性を補正する場合以外に、大気圧の変化、投影光学系PLの照明光吸収、あるいは照明条件の変更等に伴う結像特性の変化を補正する場合にも用いられる。これを以下に簡単に説明する。まず、大気圧の変化等の環境変化に対応する補正について説明する。主制御系27には、大気圧センサ、温度センサ等からなる環境センサ（不図示）からの情報が供給されており、主制御系27ではこれらの情報に基づき、予め計算又は実験等で求めておいた係数、あるいはテーブル等を用いて結像特性の変化量が計算される。さらに、駆動素子20C等の各補正機構の補正量が求められ、その結果が不図示の結像特性制御系に制御信号として送られる。この制御信号に基づき、結像特性制御系は駆動素子20C及び投影光学系PLの最上位のレンズエレメントの駆動素子等を駆動して該最上位のレンズエレメント又はレチクルRの制御を行う。また、投影光学系PLの照明光吸収に関しては、例えばウエハステージ24上の照射量モニタ32により、投影光学系PLを通過する照明光量の測定を実露光動作の前に行う。主制御系27には、予め照明光量に対する結像特性の変化量を算出するための、例えば微分方程式等の数学モデル等

が記憶されており、照明光量をモニタすることにより、結像特性の刻々の変化量が計算される。その変化量に基づいて、上述の環境変化の場合と同様に補正機構により補正することができる。

次に、第2補正機構の構成及び動作について詳しく説明する。第2補正機構は前述のように主に非対称性（非回転対称性）の像歪の補正を行うものであり、ウェハW上の像歪に合わせてレチクルRの投影像を歪ませることにより結像特性の補正が行われる。まず、構成について説明する。図4に示すように、レチクルRと投影光学系PLとの間（ほぼ中間位置）に、透明な光学部材からなる補正板（収差補正板）38がXY平面に平行に配置されている。補正板38は、手作業により着脱自在に、あるいは自動交換装置（不図示）により挿脱自在に設けられている。自動交換装置を設けた場合には、保管庫に保管されている他の同様の補正板と必要に応じて交換されるようにすることができる。補正板38は、投影光学系PLの投影像の形状を変化させることにより、第1補正機構で補正が難しいランダムなディストーションを補正することを目的とする。また、この補正板38は、この投影露光装置の前又は後に配置される他の投影露光装置のディストーション特性に合わせた像歪を発生させる目的にも使用できる。なお、補正板38の形状等については後述する。

次に、この第2補正機構の動作について図5aおよび図5bを参照して説明する。投影光学系PLのディストーションはテスト露光あるいは光電センサを用いる方法で計測され、まず第1補正機構により補正が行われる。しかし、補正しきれないディストーションが残留する。図5aは、残留ディストーションの一例を示し、この場合残留ディストーションをレチクルR上でのパターンのずれとして表している。即ち、ウェハW上での投影像の残留ディストーションをレチクルR上でのパターンの横ずれ量に換算した状態が図5aに示されている。

この図5aにおいて、点線で示す理想格子（歪みのない格子状の投影像に対応するパターン）39の各格子点では、矢印のように投影像のずれが生じている。この場合、矢印の方向及び大きさは、投影像のずれの方向及び大きさを示す。この図5aに示すように、これらの矢印の方向及び大きさには共に一貫性がなく、ランダムに分布している。例えば、左上部の隣合う4つの格子点P(1, 1),

$P(1, 2)$, $P(2, 1)$, $P(2, 2)$ は、それぞれ左上方の点 $Q(1, 1)$ 、左下方の点 $Q(1, 2)$ 、右上方の点 $Q(2, 1)$ 、及び右下方の点 $Q(2, 2)$ までずれている。このように近接した位置同士のずれがばらばらな方向性を有している。また、他の角部の格子点 $P(1, 5)$, $P(5, 1)$, $P(5, 5)$ もそれぞれ左下方の点 $Q(1, 5)$ 、左上方の点 $Q(5, 1)$ 、及び下方の点 $Q(5, 5)$ までずれている。即ち、部分領域及び全体領域にかかわらず、ずれの方向はランダムである。また、それらのずれの大きさもランダムである。

これらの対称性のないランダムな像歪の成分は、従来の方法では、通常これ以上の補正はできない。しかし、この実施形態では、このランダムな像歪の成分を補正板 38 を使用して補正する。図 5 b は、補正板 38 がレチクル R と投影光学系 PL (最上位のレンズエレメント) との間に配置された状態の断面図を示し、この図 5 b に示すように、補正板 38 の上表面 38 A はレチクル R にほぼ平行な状態に成形されている。一方、下表面 38 B は、局所的に角度を持たせ、レチクル R を通過した主光線がディストーションを打ち消す方向に曲がるように研磨加工されている。この場合の補正板 38 の断面形状は、図 5 a の理想格子 39 の中央の格子点 $P(3, 1) \sim$ 格子点 $P(3, 5)$ を結ぶ直線 39 A 上の投影像のディストーションを補正する場合の例を示している。従って、格子点 $P(3, 1)$ を通る図 5 b の主光線 $L(3, 1)$ は、格子点 $P(3, 1)$ での左上方向へのずれを打ち消す方向、即ち右下方向に曲げられる。同様に、格子点 $P(3, 2) \sim$ 格子点 $P(3, 5)$ をそれぞれ通過する主光線 $L(3, 2) \sim L(3, 5)$ も格子点 $P(3, 2) \sim$ 格子点 $P(3, 5)$ でのそれぞれのディストーションを打ち消す方向に曲げられる。そして、補正板 38 の全体の形状は図 5 a のディストーションの分布に対応した形状に研磨加工されている。

このように補正板 38 を所定の形に研磨加工することで、対応するディストーションの補正が行える。しかし、あまり多くの像のずれ量を補正板 38 で補正しようとする、補正板 38 の厚さが場所により大きく変わり、像面や球面収差に悪影響が出るため、できるだけ対称成分は第 1 の補正機構で補正し、残留分のみ補正板 38 で補正するのがよい。なお、本発明の収差補正板は、上述した補正板 38 に限定されることはなく、他の収差 (像面湾曲、非点収差、球面収差、コマ

収差、縦収差、及び横収差)、テレセントリシティを補正するものでもよいし、あるいは任意の収差についてその回転対称成分(投影光学系PLの組立、調整時に補正しきれずに残存する成分などを含む)を補正するものでもよい。また、本実施形態の補正板38はレチクルRと投影光学系PLとの間に配置することが好ましいが、本発明が適用される補正板(光学素子)の設置位置はレチクルRと投影光学系PLとの間に限られるものではない。即ち、補正対象とする収差に応じて、レチクルRと感光基板Wとの間で結像光路中の所定位置に光学素子を配置すればよい。さらに、本発明による補正板の形状も任意でよい。

前述の補正板として、例えば偏心コマ収差を補正するために、投影光学系PLと感光基板Wとの間に傾斜可能に配置される平行平板を用いてもよい。また、像面湾曲(ペッツバル像面)を補正する所定の曲率を持つガラスプレートを用いてもよいし、あるいは球面収差を補正する平行平板を用いてもよい。なお、像面湾曲、又は球面収差を補正する光学素子は投影光学系PLと感光基板Wとの間に配置される。また、曲率、又は厚さが異なる複数の光学素子をそれぞれ交換して結像光路中に配置するように構成してもよい。さらに前述の補正板として、レチクルRと投影光学系PLとの間に配置される2つの楔状光学素子を用いてもよい。この場合、少なくとも1つの光学素子を移動可能に構成し、その厚さを調整してディストーション、特に回転対称成分を補正する。

3. レチクルR及び収差補正板38の製造

この実施形態における光源1はF₂レーザ光源(波長157nm)であるため、レチクルR及び補正板38は、以下に示すようなフッ素がドーブされた合成石英ガラス又はOH基濃度が1000ppm以上の合成石英ガラスを用いて製造される。

(1) フッ素ドーブ石英ガラスを用いて製造する場合

まず、フッ素がドーブされた合成石英ガラスの製造方法について、図6の製造工程図を参照して説明する。まず、SiCl₄のようなケイ素化合物を酸水素炎中で加水分解せしめてガラス微粒子(いわゆるスート)を得る(S1)。次に、該ガラス微粒子を堆積させて多孔質ガラス(いわゆるスート体)を形成する(S2)。かかる多孔質ガラスの形成方法及び諸条件は特に限定されず、いわゆるV

AD (Vapor Phase Axial Deposition) 法、いわゆる OVD (Outside Vapor Deposition) 法、いわゆるゾルゲル法等が適宜採用される。続いて、前記多孔質ガラスをフッ素含有雰囲気中で加熱処理してフッ素ドーブされた多孔質ガラスを得る (S3)。このフッ素含有雰囲気としては、 SiF_4 のようなフッ素化合物のガスを 0.1~100 容量%含有する不活性ガス雰囲気が好ましい。また、このフッ素ドーブ処理中の圧力は、0.1~10 atm、温度は 1000~1700℃がそれぞれ好ましい。上記の範囲外では充分量のフッ素がドーブされにくい傾向にあるからである。

次いで、前記フッ素ドーブされた多孔質ガラスを透明化してフッ素ドーブされた合成石英ガラスを得る (S4)。多孔質ガラスは、通常、He のような不活性ガス雰囲気中で該ガラスの軟化点 (好ましくは融点) 近傍以上の温度で透明化されるが、ここでは前記多孔質ガラスをフッ素含有雰囲気中で透明化することが好ましい。フッ素含有雰囲気中で透明化を行うと、ドーブされるフッ素量が増加、維持される傾向にあるからである。このフッ素含有雰囲気としては、 SiF_4 のようなフッ素化合物のガスを 0.1~100 容量%含有する不活性ガス雰囲気が好ましい。また、このフッ素ドーブ処理中の圧力は、0.1~10 atm が好ましい。なお、フッ素含有雰囲気中で前記多孔質ガラスを透明化する場合、前記フッ素ドーブ処理工程 (S3) と、この透明化処理工程 (S4) とを単一の工程で行うことも可能である。

そして、前記フッ素ドーブされた合成石英ガラスを水素ガス含有雰囲気中で加熱処理することによってフッ素及び水素がドーブされた合成石英ガラスを得る

(S5)。この水素ガス含有雰囲気としては、水素ガスを 0.1~100 容量%含有する不活性ガス雰囲気が好ましい。また、この水素ドーブ処理中の圧力は、0.1~10 atm が好ましい。上記の範囲外では、充分量の水素分子がドーブされにくい傾向にあるからである。また、上記水素ドーブ処理 (S5) の間の温度は、好ましくは 500℃以下、より好ましくは 0~500℃、特に好ましくは 300~500℃である。

この製造方法においては、まず前記多孔質ガラス (いわゆるスート体) にフッ素をドーブすることにより、多孔質ガラス中の不完全構造 (結合) をフッ素で終

端することが可能になる。特にVAD法等で合成された多孔質ガラスでは、脱水処理や透明化処理の際に雰囲気酸欠雰囲気になり易く、163nmに吸収帯を持つSi-Si結合が生成し易くなる。この製造方法によれば、ここにFが存在することにより、Si-Si結合を開裂させてSi-F結合で終端させることができるため上記吸収帯の生成が解消される。また、Si-F結合はSi-H結合やSi-Cl結合より結合エネルギーが大きく、紫外線の強いエネルギーを受けても安定にその構造を保つことができる。

なお、本発明によるフォトマスクを、波長170nm程度以下の照明光を照射する光源を備えた露光装置において使用する場合には、上記の脱水処理等によって、石英ガラス中のOH基の濃度を低下させることが望ましい。OH基の濃度を低下させることによって、石英ガラスの波長155nmから170nm程度の光束に対する透過率を向上させることができるためである。透過率向上のために、石英ガラス中のOH基の濃度は100ppm以下に抑えることが望ましい。また、より好ましくは、10ppm程度以下とすると、波長155nmから170nm程度の光束に対する透過率を一層向上させることができ好都合である。ここで、1ppm以下にまで脱OH基処理した場合は、還元性の欠陥種、例えば前記Si-Si結合などが生成する可能性があるが、本発明においては、石英ガラス中に、フッ素をドーピングしており、このフッ素の作用によりこのような欠陥の発生を抑制することができる。

次に、上記多孔質ガラスを透明化した後、水素ガス雰囲気中、好ましくは500℃以下の温度域で加熱処理する。水素分子のドーピングは熱力学的には常温から2500K(2227℃)までの温度領域で可能である。水素を好ましくは500℃以下という比較的低温でドーピングすることにより、紫外線照射により結合が切れてE'センターになり易いSi-H結合を作ることなく、また、Si-F結合を減少させることなく、水素分子の状態で水素ドーピングを行うことができる。従って、上記の強い構造に加え、紫外線の照射により生成したE'センターが、ドーピングされている水素分子により終端され、さらに強い耐紫外線性を得ることができる。

なお、500℃を越えた温度で水素雰囲気での熱処理を行うと、Si-H結合が生成するため耐紫外線性は低下してしまう傾向があり、熱処理温度をさらに上昇

させることは好ましくない。もっとも、熱処理温度が低い程、生産効率が低下するため、特に好ましくは300～500℃である。

このようにして製造された合成石英ガラス中のフッ素濃度は、100 ppm以上が好ましく、より好ましくは100～30000 ppm、特に好ましくは500～30000 ppmである。また、この合成石英ガラス中の水素分子濃度は、 $1 \times 10^{17} \text{ molecules/cm}^3$ 以上が好ましく、特に好ましくは $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} \text{ molecules/cm}^3$ である。

なお、上述した製造方法においては、フッ素に加えて水素をもドーピングしているが、水素のドーピングは必ずしも必要ではなく、フッ素のみをドーピングした合成石英ガラスを用いてレチクルR又は補正板38を製造することもできる。この場合における合成石英ガラスの製造方法は、上述したフッ素及び水素をドーピングした合成石英ガラスの製造方法から水素をドーピングする工程（図6のS5）を削除することにより容易に実現できるので、その説明は省略することにする。

本実施形態におけるレチクルR及び補正板38は、上述した方法により製造されたフッ素がドーピングされた合成石英ガラスを用いて製造されている。フッ素がドーピングされた合成石英ガラスは、該ガラス中の不完全な構造（結合）がフッ素により終端され、より完全な構造となり、紫外線の吸収が少なくなるとともに、紫外線の強いエネルギーを受けても安定にその構造を保つことができる。従って、このようにして製造されたレチクルR及び補正板38は、波長が157 nmのF₂レーザを照明光として使用する場合にも光透過率が高く、カラーセンターやコンパクションの発生等の紫外線照射による経時的な劣化が少ない。さらに、合成石英ガラスを用いているから、加熱・冷却に対して耐性があり、パターンの形成を含む製造の作業性が良いとともに、線膨張率が極めて小さいので、製造時及び露光時において、高い精度を実現することができる。また、フッ素に加えて水素をもドーピングすることにより、フッ素及び水素分子のそれぞれの耐紫外線性に対する特性の相乗効果によって耐紫外線性を飛躍的に高めることができる。

なお、現在のフォトマスクの基板サイズは厚さ6 mm程度の150 mm角が一般的であるが、上記VAD法、OVD法、ゾルゲル法等の製法は、円柱状の石英ガラスの製造に適するものであり、このような大面積の平板ガラスの製造に適し

たものではない。そこで、石英ガラス基板の製造に際し、まず、円柱状のガラスロッドを上記各製法で製造した後、円柱状のガラスロッドを加熱プレスして概略平板状に変形し、その後に、研削及び研磨して所望のサイズに仕上げる方法を採用することもできる。このプレス変形加工に際し、さらに、上記加熱処理後に500℃以下での水素雰囲気処理を行なっても良い。この水素処理により、石英ガラス中に水素分子を溶存させることで耐光性を向上させることができる。この水素処理時の温度は、水素との反応による完全性の欠陥種の生成を抑制するために、500℃以下であることが望ましい。この方法により、150mm角のレチクル用基板を、より小さな直径の円柱状の石英ガラスから形成することが可能となり、より小規模の、すなわちより安価な生産設備によって本発明のフォトマスクを製造することが可能である。もちろん、収差補正版に関してもこの製造方法を適用することもできる。

(2) OH基濃度が1000ppm以上の石英ガラスを用いて製造する場合
この場合のレチクルR及び補正板38の製造に用いられる合成石英ガラスは、構造決定温度が1200K以下で、かつOH基濃度が1000ppm以上、好ましくは1000～1300ppmとした合成石英ガラスである。このようにOH基濃度を1000ppm以上としかつ構造決定温度を1200K以下にすることで、波長200nm程度以下の真空紫外線に適用した場合において、散乱損失及び吸収損失を極めて低くすることができるとともに、経時的な劣化を少なくすることができるから、かかる合成石英ガラスを用いてレチクルRや補正板38を製造することにより、透過率が高くかつ耐紫外線性に優れたレチクルRや補正板38を得ることができる。

レチクルRや補正板38における光散乱と光吸収のトータル量すなわち透過損失量は、ウエハW上の光量に影響し、照度低下によるスループットの低下などに影響を及ぼすから、かかる光散乱や光吸収を少なくする必要がある。ここで、光吸収とは、光学部材に入射した光子エネルギーによる電子遷移に起因する現象である。光学部材において光吸収が起これば、そのエネルギーは主に熱エネルギーに変換され、光学部材が膨張したり、屈折率や面状態が変化し、結果として高解像度が得られなくなる。さらに、光吸収は、電子状態の変化を伴い、その緩和過

程で入射光より長い波長の光が蛍光として放出される。その蛍光の波長が露光波長と近く、その強度が高ければ、像のコントラストを著しく低下させる。

また、一般的に、物質中に入射した光エネルギーは散乱現象を生ずる。散乱現象は、レーリー散乱、ブリリアン散乱等の弾性散乱やラマン散乱等の非弾性散乱に大別できる。特に、レチクルRや補正板38中の散乱強度が高いと、その散乱光は像のコントラストを低下させ、光学性能を低下させる原因となる。もともと、光散乱は、光吸収による光学部材の形状や屈折率の変化に比べて、その影響は小さいが、F₂レーザ（波長157nm）のような真空紫外線域では、光散乱は無視できない。

ここで、構造安定性のパラメータである構造決定温度が1200K以下である石英ガラス、即ち理想に近い構造を持つ石英ガラスに1000ppm以上のOH基が導入された石英ガラスにおいて、真空紫外線に対する透過損失が著しく抑制される機構は必ずしも明確でないが、以下のように考えることができる。なお、本発明の石英ガラスの構造決定温度は、例えば光ファイバの構造決定温度である約1450Kと比較して非常に低い。構造決定温度が高い石英ガラスは構造的には不安定であると考えられる。即ち、石英ガラスネットワーク中の≡Si-O-Si≡結合角はガラスであるがゆえにある分布を持っており、この結合角分布の中には構造的に不安定なものが含まれている。この結合角分布は石英ガラス中の酸素原子と珪素原子とで作られる四面体どうしが架橋しており、従って歪んだ状態の四面体が存在していることに起因していると考えられる。このような歪んだ結合部分は、紫外線の照射により容易に切断され、有害なE'センターやNBHなどの欠陥を発生させてしまうものと考えられる。これに対して、構造決定温度が低い石英ガラスにおいては、かかる歪んだ結合部分が非常に少ないと考えられる。

そして、上記範囲内のOH基を含有する石英ガラスは、それ以外の石英ガラスに比較して構造的に安定しており、構造決定温度がより低下する傾向にある。その詳細な理由は以下の通りである。前述のように、石英ガラスネットワーク中の≡Si-O-Si≡結合角はガラスであるがゆえにある分布を持っており、構造的に不安定な歪んだ結合部分が含まれている。しかしながら、上記範囲内のOH

基が含有されると不安定な結合角をとってまで架橋する必要が無くなるため、四面体が最安定構造に近づくことができる。従って、上記範囲内のOH基を含有する石英ガラスは、それ以外の石英ガラスに比較して構造的に安定しており、また、構造決定温度がより低下する傾向にある。従って、OH基濃度が1000ppm以上でかつ構造決定温度が1200K以下とした合成石英ガラスにおいては、それらの相乗効果によって、真空紫外線に対する散乱損失や吸収損失を低くすることができる。このような石英ガラスにおいては、フッ素濃度が300ppm以上であることが好ましい。フッ素濃度が300ppm以上であると、同一のアニール条件下で構造決定温度がより低下する傾向にあるからである。

また、石英ガラスの耐紫外線性を悪化させる要因として、 $\equiv Si-Si \equiv$ 、 $\equiv Si-O-O-Si \equiv$ 、溶存酸素分子等が知られている。これらの前駆体は、エキシマレーザなどの紫外線照射によって容易にE' センターやNBOHCなどの構造欠陥に変換されてしまい、透過率の低下の原因となる。しかし、この実施形態の石英ガラスにおいては、そのような化学量論比からのずれに起因する不完全構造が少ないから、耐紫外線性も良好であり、従って、この実施形態におけるレチクルRや補正板38は、経時的に劣化が少なく、所定の性能を長期間に渡って実現することができる。

なお、この石英ガラスにおいては、塩素濃度が50ppm以下であることが好ましく、10ppm以下であることが特に好ましい。塩素濃度が50ppmを超えると、石英ガラス中のOH基濃度を1000ppm以上に維持することが困難となる傾向にあるからである。さらに、含有金属不純物(Mg, Ca, Ti, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Co, Mn, Na, K)濃度がそれぞれ50ppb以下、より好ましくは20ppb以下という高純度の石英ガラスを用いることが好ましい。これにより、前述の構造欠陥が減って理想に近い構造となり、さらに金属不純物による屈折率変化、面変化、透過率劣化がより少なくなり、耐紫外線性が向上する傾向にある。

また、本実施形態ではレチクルRと収差補正板38の両方に、フッ素ドーブ石英ガラス、又はOH基濃度が1000ppm以上の石英ガラスを用いるものとしたが、レチクルRは前述の第1実施形態で説明した蛍石(CaF_2)、後述の第

3実施形態で説明する薄板状石英ガラス、後述の第4実施形態で説明する水晶、及びフッ化マグネシウムのいずれかで構成し、収差補正板38のみを本実施形態による石英ガラスで構成するようにしてもよい。なお、本実施形態による石英ガラスを用いたレチクルRに、前述の第1実施形態(図1)で説明した保護膜(42A~42D)を同様に形成してもよい。

第3実施形態

以下、本発明の第3実施形態について図面を参照して説明する。この第3実施形態の投影露光装置は、上述した第1又は第2実施形態の投影露光装置(図3又は図4)の全体構成とほぼ同じであり、本実施形態ではレチクルRの構造及びその保持構造を工夫したものである。従って、投影露光装置の詳細についての説明は省略する。

図7a及び図7bは、この第3実施形態のレチクルR及びレチクルホルダ20Dの構成を示す図であり、図7aは正面図、図7bは平面図である。図7a及び図7bにおいて、フォトマスクとしてのレチクルRは、薄板状の合成石英ガラスからなるガラス基板41及び板状の蛍石(CaF_2)からなる補強基板(補強部材)42を備えて構成される。ガラス基板41上には、転写すべきパターン及びレチクルアライメントマーク等が形成される。ガラス基板41の厚さとしては、例えば0.5~1.0mm程度であり、この場合における補強基板42の厚さとしては、例えば2~3mm程度に設定することができる。なお、図7bにおいて、参照番号43で示すのがガラス基板41のパターン形成領域(照明光が通過し得る領域)である。

レチクルホルダ20Dは、第1ホルダ44、44及び第2ホルダ45、45を備えて構成される。第1ホルダ44は補強基板42を吸着保持するものであり、第1ホルダ44には真空吸引用の複数の通孔44Aが形成されているとともに、補強基板42が吸着される部分にはゴム等からなる薄膜状の弾性シート46がそれぞれ装着されている。第2ホルダ45は、第1ホルダ44に略直交するように配置されており、これらの第2ホルダ45には真空吸引用の複数の通孔45Aが

形成されており、ガラス基板 4 1 の両側部近傍がこの第 2 ホルダ 4 5 に吸着保持される。これらの第 1 ホルダ 4 4 及び第 2 ホルダ 4 5 は、レチクルステージ 2 0 A 上に互いに独立的に支持固定されている。補強基板 4 2 は第 1 ホルダ 4 4 上に吸着保持された状態でその上面が第 2 ホルダ 4 5 の上面と同一の平面となり、若しくは極めて僅かに突出しており、ガラス基板 4 1 がそのパターン形成面を下に向けて第 2 ホルダ 4 5 に吸着保持された状態で、補強基板 4 2 の上面はガラス基板 4 1 の下面に一樣に密着することにより、ガラス基板 4 1 が薄板状であるがための自重による撓み等の変形を防止する。

この実施形態におけるレチクル R は、薄板状のガラス基板 4 1 にパターンを形成し、このガラス基板 4 1 の撓み等を防止すべく紫外線、特に真空紫外線に優れた特性を有する蛍石からなる補強基板 4 2 で保持するようにしている。ガラス基板 4 1 は合成石英ガラスから構成されているので、加熱・冷却による劣化が少なく、硬度も高く傷等もつき難いからパターン形成等の加工の作業性が良いとともに、線膨張率が小さいから精度の良いパターンを形成することができる。このガラス基板 4 1 は薄いので照明光の透過損失が小さく、照明光として紫外線を用いた場合であっても実用が可能である。ここで、ガラス基板 4 1 は透過損失を小さくすべく薄板としたことから、撓み等による変形により露光時の精度の低下が懸念されるが、蛍石からなる比較的厚い補強基板 4 2 によって、ガラス基板 4 1 の少なくともパターン形成領域（照明光の通過領域）を一樣に保持するようにしたから、この部分の変形は防止され、高精度の露光を実現することができる。

なお、ガラス基板 4 1 は通常の合成石英ガラスであっても良いが、前記第 1 実施形態で説明したようなフッ素をドーブした合成石英ガラス、フッ素及び水素をドーブした合成石英ガラス、又は OH 基を 1 0 0 0 p p m 以上含有した合成石英ガラスを用いて構成することができ、このようにすれば、さらに耐紫外線性や透過率を向上することができる。アルミニウムなどの軽金属をドーブした合成石英ガラスを用いてもよい。上述した弾性シート 4 6 は、補強部材 4 2 やホルダ 4 4、4 5 等の各部の寸法を厳密に加工等して、補強基板 4 2 の上面と第 2 ホルダ 4 5 上面を同一平面内に設定することができる場合には必ずしも必要ではなく、若しくはこれに代えて各部の寸法誤差を吸収するための他の手段を採用することも可

能である。

また、補強基板 4 2 として蛍石を用いる代わりに、例えば水晶、又はフッ化マグネシウムなどを用いてもよい。

上述した第 3 実施形態では、ガラス基板 4 1 と補強基板 4 2 をそれぞれ独立的に第 1 及び第 2 ホルダ 4 4、4 5 に吸着保持するようにしているが、両者を密着させた状態で保持する保持部材により一体化し、これをレチクルホルダ 2 0 D に吸着保持させるようにしてもよい。このようにすることで、ガラス基板 4 1 と補強基板 4 2 の間に埃や異物等が進入することを防止でき、ガラス基板 4 1 のパターン形成面の保護にも役立つとともに、補強基板 4 2 をペリクルとして機能させることができる。補強基板 4 2 は、ガラス基板 4 1 の少なくとも照明光が通過する領域 4 3 の部分を保持できれば十分であるから、その領域に対応する部分のみを蛍石で構成し、これを保持部材で保持して構成することができる。

ところで、蛍石は脆弱で傷つきやすいという性質を有しているから、補強基板 4 2 を含むレチクル R の搬送中等において該補強基板 4 2 に傷がつき、あるいは損傷により発生した異物により露光処理に悪影響を及ぼすことが懸念される。この対策としては、補強基板 4 2 に以下のような保護膜を形成するのがよい。図 8 a 及び図 8 b はこの場合の補強基板を示す図であり、図 8 a は底面図、図 8 b は側面図である。補強基板 4 2 の底面（ガラス基板が密着される面と反対側の面）の第 1 ホルダ 4 1 に真空吸着される部分には、それぞれ保護膜 4 7 が形成されている。この保護膜 4 7 としては、例えば、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法で成長させたダイヤモンドを使用することができる。また、酸化ケイ素 (SiO_2 又は SiO)、クロム (Cr)、酸化クロム (CrO)、ケイ化モリブデン (MoSi_2) 等を使用することもでき、その形成方法としては、通常のパターン形成と同様にフォトリソグラフィプロセスにより形成することができる。

補強基板 4 2 の第 1 ホルダ 4 4 に真空吸着される部分には保護膜 4 7 が形成されているので、蛍石のように柔らかい材質で構成した場合であっても、第 1 ホルダ 4 4 等との接触時に損傷等が生じることがなく、補強基板 4 2 自体に欠陥を生じることが少なくなるとともに、異物の発生が少なくなるから、該異物がガラス

基板 4 1 のパターン面等に付着して露光精度を悪化させる等の不具合を防止することができる。

なお、補強基板 4 2 の保護膜 4 7 の形成箇所は、図 8 a 及び図 8 b に示した位置に限定されず、その側面部分や他の部材と接触する全ての部分に形成することができる。また、補強基板 4 2 とガラス基板 4 1 を一体化させる場合には、そのために使用する保持部材に保持される部分に保護膜 4 7 を形成するとよい。さらに、この保護膜 4 7 は補強基板 4 2 のみならず、ガラス基板 4 1 の第 2 ホルダ 4 5 に対する真空吸着部分やその他の部分に形成してもよい。この場合には、ガラス基板 4 1 のパターンの成膜と同時に成膜するようにすれば、成膜工程が簡略化され、製造コストを低減することができる。なお、補強基板 4 2 はレチクルホルダ 2 0 D (第 1 ホルダ 4 4) に常に保持しておくようにし、ガラス基板 4 1 のみを交換するようにしてもよい。また、第 1 ホルダ 4 4 を用いなくてもよく、このときは補強基板 4 2 をレチクルステージ 2 0 A に直接固定してもよい。

上述したように A r F エキシマレーザ (193 nm) を用いる露光装置では、合成石英ガラスからなるレチクルを用いることも可能であるが、透過率などを考えると、第 1 及び第 2 実施形態で説明したレチクルや収差補正板を用いることが好ましい。特に波長が 190 nm 程度以下、具体的には 150 ~ 190 nm に発振スペクトルを有する照明光を用いる露光装置では、通常の合成石英ガラスの使用は現実的ではないので、本発明によるフォトマスクや収差補正板を用いる。

また、前述の第 1 及び第 2 実施形態では本発明による石英ガラスを、レチクル、又は収差補正板に適用するものとしたが、投影光学系 P L の瞳面 (フーリエ変換面) 又はその近傍に配置され、結像光束の光学特性 (振幅透過率、可干渉性など) を部分的に異ならせる光学フィルター、所謂瞳フィルターに適用してもよい。例えば、コンタクトホールパターンなどの孤立パターンを感光基板 W に転写するときは、投影光学系 P L の光軸を中心とする円形領域に分布する結像光束を遮光し、その円形領域の外側に分布する結像光束を通過させる中心遮光型瞳フィルターが用いられる。そこで、第 1 又は第 2 実施形態の石英ガラスに、クロムなどの遮光材で円形遮光部を形成し、前述の中心遮光型瞳フィルターとして用いるようにしてもよい。

上述した第2及び第3実施形態では、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の露光装置を一例として説明したが、本発明は、この方式の露光装置に限定されず、いわゆるステップ・アンド・リピート方式の露光装置及びその他の方式の露光装置にも適用することができる。

第4実施形態

以下、本発明の第4実施形態について説明する。この第4実施形態の投影露光装置は、上述した第2実施形態の投影露光装置の全体構成とほぼ同じであり、レチクルRを以下に示すような水晶（結晶した石英）を用いて製造した点異なる。

その製造工程は以下の通りである。まず、波長146nm程度までの紫外線に対して透明な（吸収などによる透過損失が少ない）合成水晶の製造（育成）方法について説明する。この実施形態においては、オートクレーブを用いた水熱合成法（hydrothermal method）で育成する。育成条件は以下のように設定する。オートクレーブの屑水晶（水晶粒）が配置される下槽（原料槽）の温度は35.2℃、オートクレーブの下槽に対する上槽（育成槽）の温度差（ Δt ）は-4.4℃、充填率は82%、圧力は1570atm、溶液は1M（モル濃度）の水酸化ナトリウム（NaOH）水溶液、溶液にリチウム（ Li^+ ）塩を添加する場合は0.1M、種結晶の基準面は（0001）面、成長速度は1.78mm/日とする。

ここで、合成水晶中のFe及びOH濃度が高いほど、紫外線吸収が大きくなる（即ち、適用可能な紫外線の波長が長い側にシフトする）傾向にあるので、これを低くするため、この実施形態では、NaOH溶液に、 Li^+ 塩として、例えば、 $LiNO_3$ を添加する。また、オートクレーブ及び屑水晶バスケット、パッフル（対流制御板）、種結晶ホルダ、その他の溶液に接触する部材及び部分を合金鋼製とすると、溶液中のFe濃度が高くなり、合成水晶中のFe濃度も高くなるので、この実施形態では、これらを銀メッキしたものをを用いている。なお、銀でライニングしたもの、あるいは銀そのもので製造したものを用いてもよい。また、メッキ材などとしては、銀以外の非鉄金属であって、水酸化ナトリウム溶液に対

して溶解性でないものを用いてもよい。

このような条件下で合成水晶を育成すると、天然水晶に近い、若しくはほぼ同等、又はさらに良好な光透過率を実現することができる。なお、実験上、天然水晶のOH含有率は4 ppm、実用できる波長は152 nmまでであるのに対して、本実施形態の方法で育成した合成水晶は、条件により多少異なるが、最も優れたもので、OH含有率は同じく4 ppm、波長は146 nmまで実用可能であり、光源としてのF₂ レーザに対して十分実用できる。なお、前述した水晶の製造方法は、例えば、A. A. Ballman, D. M. Dodd, N. A. Kuebler, R. A. Laudise, D. L. Wood, and D. W. Rudd, "APPLIED OPTICS Vol. 7, No. 7 (July, 1968)", P1387-P1390に開示されている。

また、上記のような製法によってFeの含有を抑えた水晶板の場合には、異物粒子（インクルージョン）の混入をなくすことができる。インクルージョンとは、Fe化合物による直径数十 μ mの不透明な粒子であり、このインクルージョンがパターン面付近にあると、そのまま転写され、回路に欠陥を生じてしまう。インクルージョンの位置を特定、測定することもできるが、時間を要し効率がよくない。結局、レチクル内にインクルージョンが皆無であることが望ましい。上記の製法によってFeの含有を減らすことでインクルージョンの混入をなくすことができる。

このようにして育成した合成水晶を適宜に切断・研磨して、所定の大きさの水晶板とする。次いで、フォトリソグラフィ技術によりクロム等で転写すべきパターンを形成することにより、レチクルRが製造される。

ここで、パターンの形成面は水晶の光学軸（Z軸又はc軸）に直交する面となるように設定することが望ましい。これは、水晶の熱膨張率は光学軸に直交する方向（X軸若しくはa軸、Y軸若しくはb軸）には $1.337 \times 10^{-5}/K$ であり、光学軸方向には $0.797 \times 10^{-5}/K$ であるから、熱膨張率の等しいX軸とY軸を含む平面内にパターンを形成した方が有利だからである。また、水晶は1軸性結晶で複屈折性があり、レチクルのパターン面は照明光の入射方向下流側の面であるからその影響は少ないが、全くないわけではなく、かかる複屈折による影響を無くすためでもある。

レチクルRにおける光吸収による透過損失量は、ウエハW上の光量に影響し、照度低下によるスループットの低下などに影響を及ぼすから、かかる光吸収を少なくする必要がある。光吸収とは、光学部材に入射した光子エネルギーによる電子遷移に起因する現象である。光学部材において光吸収が起こると、そのエネルギーは主に熱エネルギーに変換され、光学部材が膨張したり、屈折率や面状態が変化し、結果として高解像度が得られなくなる。さらに、光吸収は、電子状態の変化を伴い、その緩和過程で入射光より長い波長の光が蛍光として放出される。その蛍光の波長が露光波長と近く、その強度が高ければ、像のコントラストを著しく低下させる。

しかし、本実施形態におけるレチクルRは、上述した方法により育成された合成水晶を用いて製造されているから、波長146nm程度までの紫外線に対してその吸収が少なく、紫外線の強いエネルギーを受けても安定にその構造を保つことができる。従って、波長が157nmのF₂レーザを照明光として使用する場合にも光透過率が高く、紫外線照射による経時的な劣化が少ない。また、水晶の熱膨張率は上述の通りであり、蛍石の熱膨張率 $2.4 \times 10^{-6}/K$ と比較して小さいので、レチクルの製造時における加熱による変形も少なく、加熱・冷却に対しても耐性があり、レチクルパターンの形成を含む製造の作業性が良い。

ArFエキシマレーザ(193nm)を用いる露光装置では、通常の石英ガラスからなるレチクルを用いることも可能ではあるが、透過率などを考えると、上述の実施形態で説明したレチクルを用いることが好ましい。また、F₂レーザに限らず、波長が190nm程度以下、具体的には150～190nmに発振スペクトルを有する照明光を用いる露光装置では、通常の石英ガラスの使用は現実的ではないので、この第4実施形態のような水晶製のフォトマスクを用いるのがよい。さらに、経済的な点は別として、波長200nm程度以上の照明光を用いる露光装置に適用してもよいことは言うまでもない。

また、F₂レーザやArFエキシマレーザなどを用いる代わりに、例えばDFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、エルビウム(又はエルビウムとイットリビウムの両方)がドーピングされたファイバーアンプで増幅し、さらに非線形光学結晶を用いて紫外光に波長

変換した高調波を用いてもよい。

例えば、単一波長レーザの発振波長を $1.51 \sim 1.59 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $189 \sim 199 \text{ nm}$ の範囲内である8倍高調波、又は発生波長が $151 \sim 159 \text{ nm}$ の範囲内である10倍高調波が出力される。特に発振波長を $1.544 \sim 1.553 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、 $193 \sim 194 \text{ nm}$ の範囲内の8倍高調波、即ちArFエキシマレーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を $1.57 \sim 1.58 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、 $157 \sim 158 \text{ nm}$ の範囲内の10倍高調波、即ちF₂レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

また、発振波長を $1.03 \sim 1.12 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $147 \sim 160 \text{ nm}$ の範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を $1.099 \sim 1.106 \mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $157 \sim 158 \mu\text{m}$ の範囲内の7倍高調波、即ちF₂レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。なお、単一波長発振レーザとしてはイットリビウム・ドープ・ファイバーレーザを用いる。

ところで、半導体素子は回路の機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいて、前述した実施形態で説明したレチクルを製作するステップ、シリコンウエハを製作するステップ、前述の実施形態で説明した露光装置を用いてレチクルのパターンをウエハ上に転写するステップ、組立ステップ（ダイシング工程、パッケージ工程などを含む）、及び検査ステップ等を経て製造される。

なお、本発明は、上述した各実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々に改変することができることは言うまでもない。

明細書、特許請求の範囲、図面、及び要約を含む、1997年11月11日付提出の日本国特許出願第9-308342号、1998年2月18日付提出の日本国特許出願第10-52830号、1998年5月12日付提出の日本国特許出願第10-146604号、1998年5月26日付提出の日本国特許出願第10-144303号、及び1998年10月22日付提出の日本国特許出願第10-300525号の全ての開示内容は、そっくりそのまま引用してここに組み込まれている。

請 求 の 範 囲

1. フォトマスクであって、
基板と、
前記基板に形成された転写用のパターンと、
前記基板に形成された該基板を保護するための保護膜と、
を備えたフォトマスク。
2. 前記基板はフッ化カルシウムからなる請求項1に記載のフォトマスク。
3. 波長が190nm以下の照明光に照射される請求項1に記載のフォトマスク。
4. 前記基板はフッ化カルシウムからなる請求項3に記載のフォトマスク。
5. 前記保護膜は、クロム、酸化クロム、又は酸化ケイ素からなる請求項1～4のいずれか一項に記載のフォトマスク。
6. 前記保護膜は、前記パターンと同一の材料で形成される請求項1～4のいずれか一項に記載のフォトマスク。
7. 前記保護膜は、前記基板の前記パターンの形成面に設けられる請求項1～6のいずれか一項に記載のフォトマスク。
8. 前記保護膜は、前記基板の端面に設けられる請求項1～7のいずれか一項に記載のフォトマスク。
9. 波長が200nm程度以下の照明光を射出する光源を備えた露光装置に使用されるフォトマスクであって、
フッ素がドーブされた石英ガラスからなる基板と、
前記基板に形成されたパターンと、
を備えたフォトマスク。
10. 前記石英ガラスは、ケイ素化合物を火炎中で加水分解せしめてガラス微粒子を生成し、前記ガラス微粒子を堆積させて多孔質ガラスを形成し、前記多孔質ガラスをフッ素含有雰囲気中で加熱処理してフッ素をドーブし、フッ素をドーブした前記多孔質ガラスを透明化してなる請求項9に記載のフォトマスク。

1 1. 前記石英ガラス中のOH基濃度が100ppm以下である請求項9又は10に記載のフォトマスク。

1 2. 前記石英ガラスには、さらに水素がドーピングされている請求項9に記載のフォトマスク。

1 3. 波長が200nm程度以下の照明光を射出する光源を備えた露光装置に使用されるフォトマスクであって、

構造決定温度が1200K以下で、かつOH基濃度が1000ppm以上である石英ガラスを用いて製造された基板と、

前記基板に形成されたパターンと、

を備えたフォトマスク。

1 4. 波長が200nm程度以下の照明光を射出する光源を備えた露光装置に使用されるフォトマスクであって、

薄板状の石英ガラスからなる基板と、

前記基板に形成されたパターンと、

前記基板の変形を防止するように該基板を保持する、少なくとも前記照明光が通過する領域が前記基板と同程度以上の透過率を有する材料からなる補強部材と、を備えたフォトマスク。

1 5. 前記基板は、前記パターンの形成面が前記補強部材にほぼ密着するように固定されている請求項14に記載のフォトマスク。

1 6. 前記石英ガラスには、フッ素がドーピングされている請求項14又は15に記載のフォトマスク。

1 7. 前記材料は、フッ素がドーピングされた石英ガラス、OH基濃度が1000ppm以上である石英ガラス、フッ化カルシウム、水晶、及びフッ化マグネシウムのいずれかである請求項14～16のいずれか一項に記載のフォトマスク。

1 8. 露光装置であって、

波長が200nm程度以下の照明光をフォトマスクに照射する照明光学系と、

前記フォトマスクから出射する照明光を感光基板上に投射する投影光学系と、

前記投影光学系の物体面側に配置され、前記フォトマスクを前記物体面にほぼ

沿って移動するステージと、

前記ステージに設けられ、前記フォトマスクを保持してその変形を防止するために、少なくとも前記照明光が通過する領域が前記フォトマスクと同程度以上の透過率を有する材料からなる補強部材と、

を備えた露光装置。

19. 波長が200nm程度以下の照明光で照射されるパターンの像を所定面上に投影する投影光学系の収差補正板であって、

フッ素がドーブされた石英ガラスを用いて製造された収差補正板。

20. 波長が200nm程度以下の照明光で照射されるパターンの像を所定面上に投影する投影光学系の収差補正板であって、

構造決定温度が1200K以下で、かつOH基濃度が1000ppm以上である石英ガラスを用いて製造された収差補正板。

21. 露光装置であって、

波長が200nm程度以下の照明光をフォトマスクに照射する照明光学系と、前記フォトマスクから出射する照明光を感光基板上に投射する投影光学系と、フッ素がドーブされた石英ガラスからなり、前記投影光学系の非回転対称な収差を補正する、前記フォトマスクと前記感光基板との間の結像光路中に配置された収差補正板と、

を備えた露光装置。

22. 露光装置であって、

波長が200nm程度以下の照明光をフォトマスクに照射する照明光学系と、前記フォトマスクから出射する照明光を感光基板上に投射する投影光学系と、構造決定温度が1200K以下で、かつOH基濃度が1000ppm以上である石英ガラスからなり、前記投影光学系の非回転対称な収差を補正する、前記フォトマスクと前記感光基板との間の結像光路中に配置された収差補正板と、

を備えた露光装置。

23. フォトマスクであって、

水晶板からなる基板と、

前記基板に形成されたパターンと、

を備えたフォトマスク。

24. 前記水晶板の光学軸に直交する面を前記パターンの形成面とした請求項23に記載のフォトマスク。

25. 波長が200nm程度以下の照明光を射出する光源を備えた露光装置に使用される請求項23に記載のフォトマスク。

26. 前記水晶板は異物粒子を内部に含まない請求項23、24又は25に記載のフォトマスク。

27. 露光装置であって、
水晶板に転写すべきパターンを形成してなるフォトマスクと、
照明光を前記フォトマスクに照射する照明光学系と、
前記フォトマスクから出射する照明光を感光基板上に投射する投影光学系と、
を備えた露光装置。

28. 前記フォトマスクの光学軸が前記投影光学系の光軸に対して実質的に平行となるように、該フォトマスクを配置した請求項27に記載の露光装置。

29. 前記光源は波長が200nm程度以下の照明光を射出する請求項27に記載の露光装置。

30. マイクロデバイスの製造方法であって、

回路パターンとともにマスクに形成される保護膜に凸部を接触させて前記マスクを保持するとともに、前記保持されたマスクに波長が200nm程度以下の照明光を照射し、

前記マスクを介して前記照明光で、前記マイクロデバイスが形成される基板上の感光層を露光して、前記基板上に前記回路パターンを転写するマイクロデバイスの製造方法。

31. マイクロデバイスの製造方法であって、

フッ素ドープ石英ガラス、OH基濃度が1000ppm以上の石英ガラス、フッ化マグネシウム、及び水晶のいずれかが用いられるマスクに、波長が200nm程度以下の照明光を照射し、

前記マスクを介して前記照明光で、前記マイクロデバイスが形成される基板上の感光層を露光して、前記基板上に前記マスクのパターンを転写するマイクロデ

パイスの製造方法。

32. 前記照明光は、投影光学系を通して前記感光層に投射されるとともに、前記マスクは水晶が用いられ、前記照明光の照射時、前記マスクの光学軸が前記投影光学系の光軸とほぼ平行となるように前記マスクを配置する請求項31に記載のマイクロデバイスの製造方法。

Fig.1a

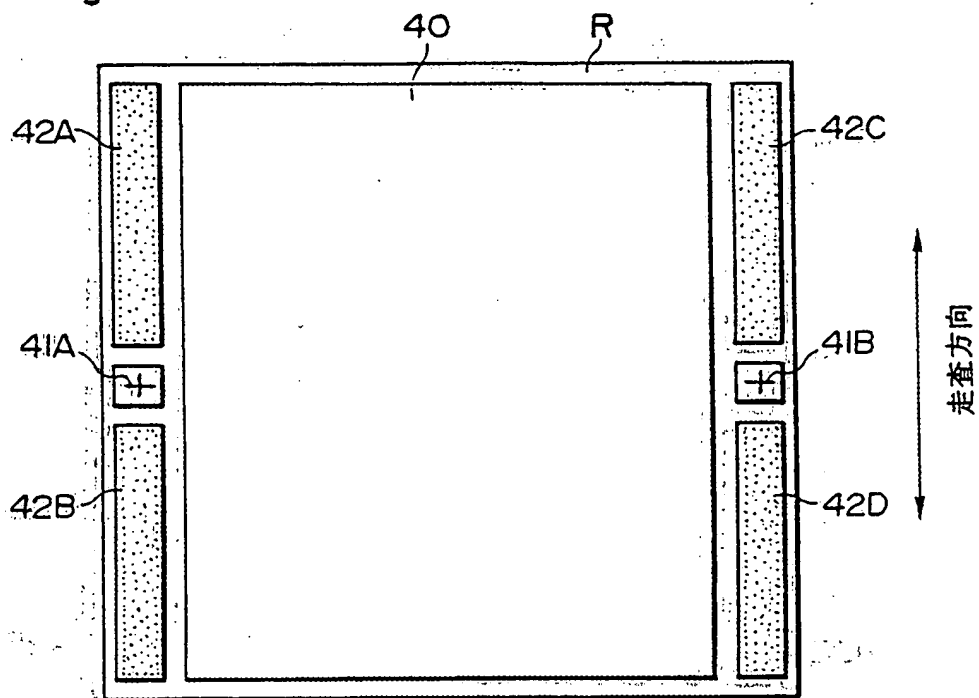


Fig.1b

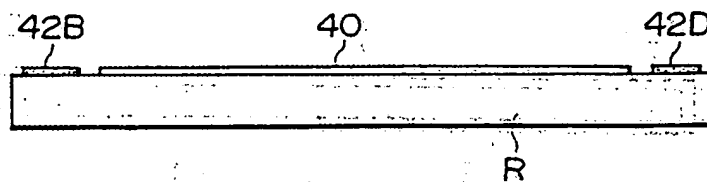


Fig.2a

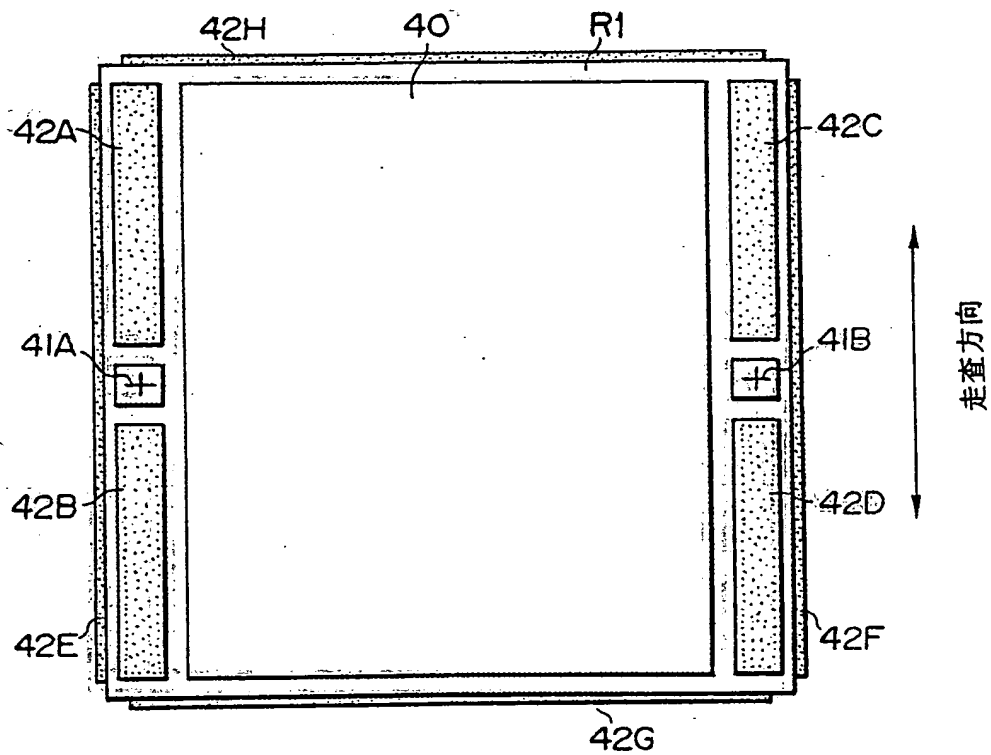


Fig.2b

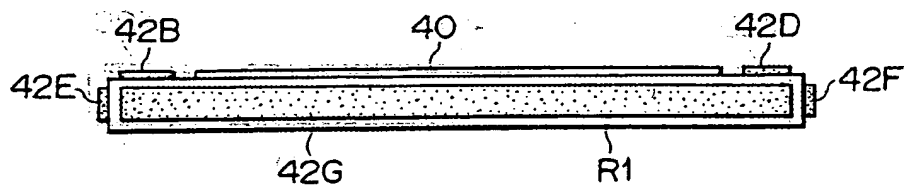


Fig.3

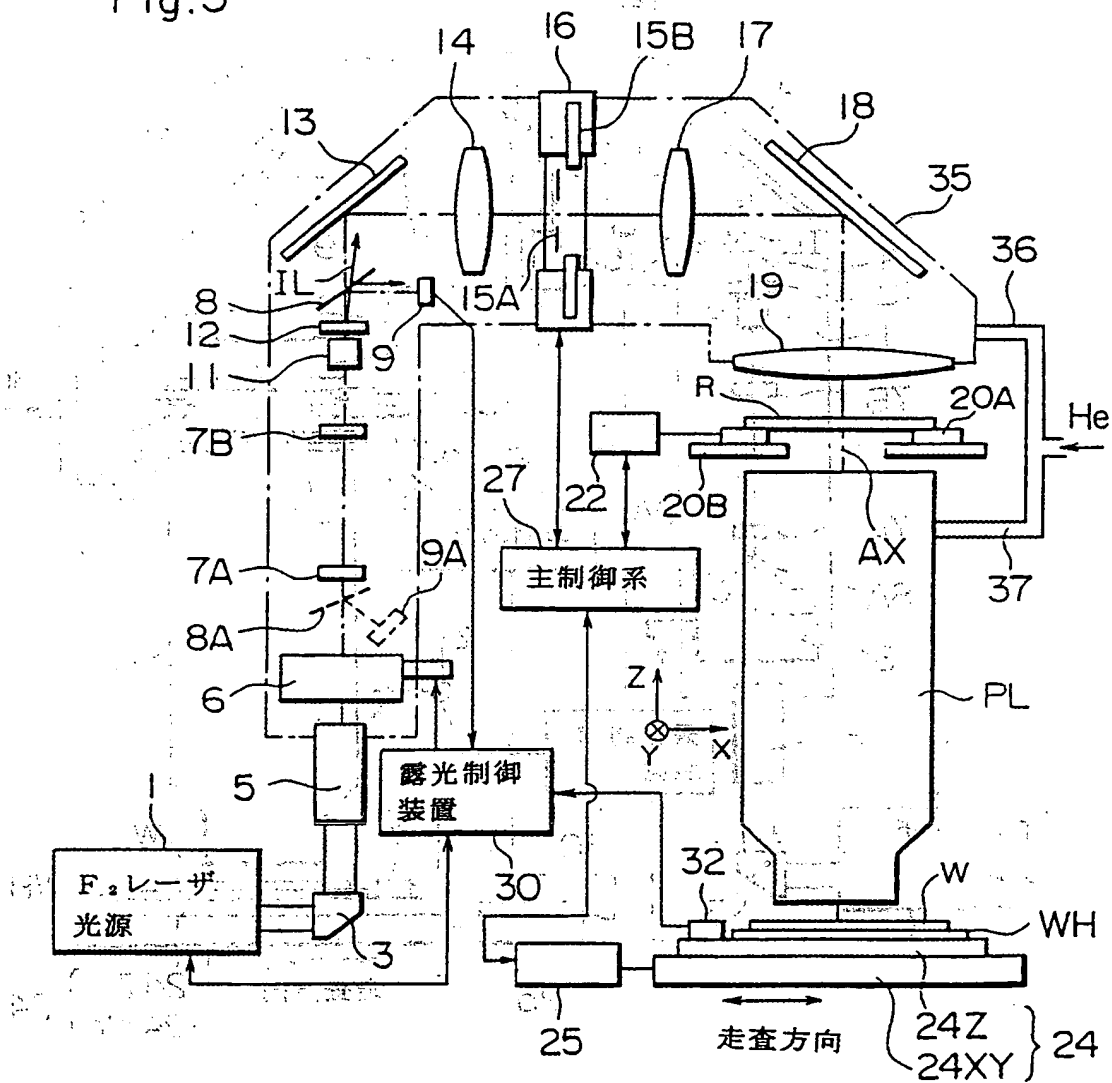


Fig.4

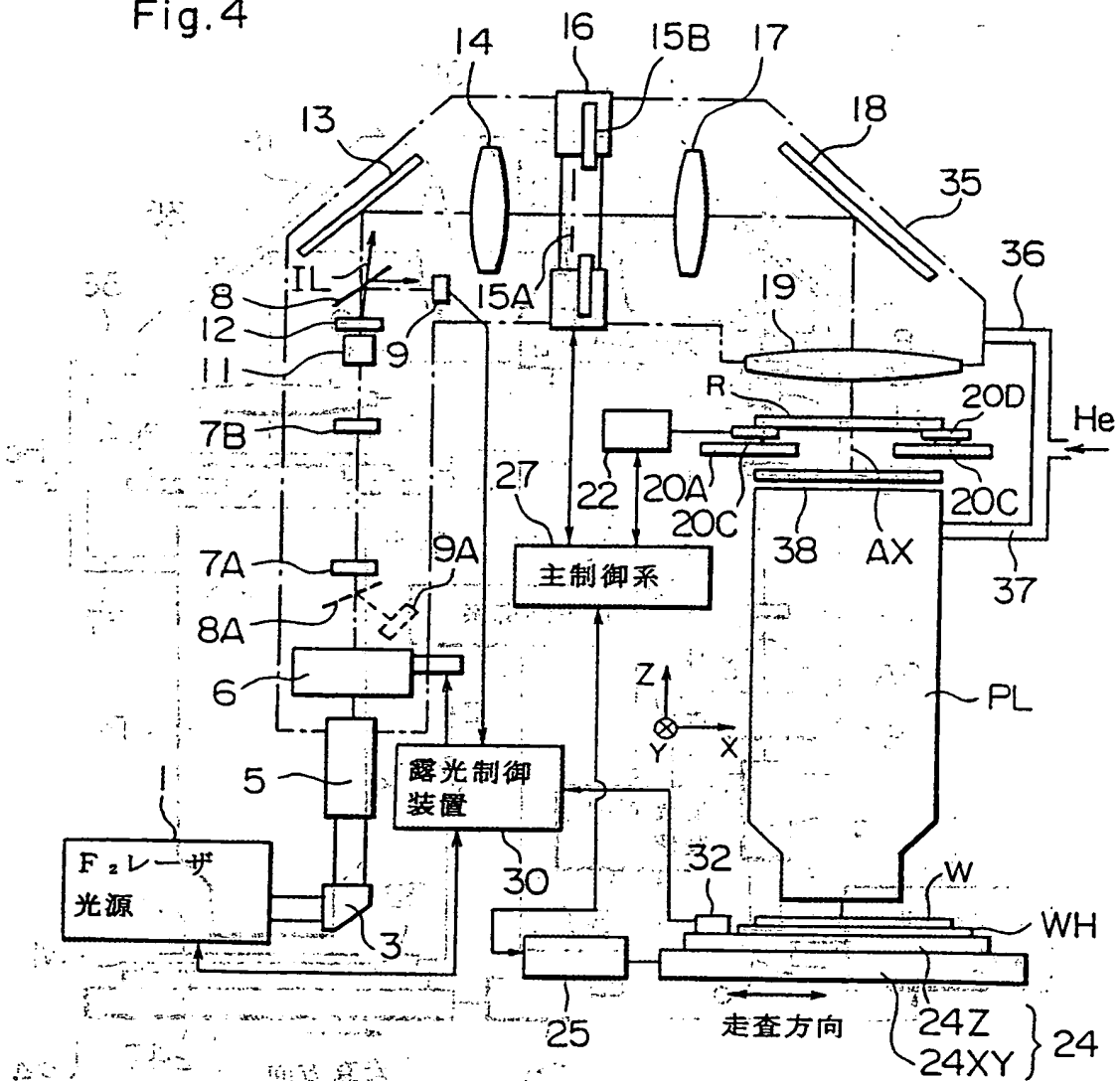


Fig.5a

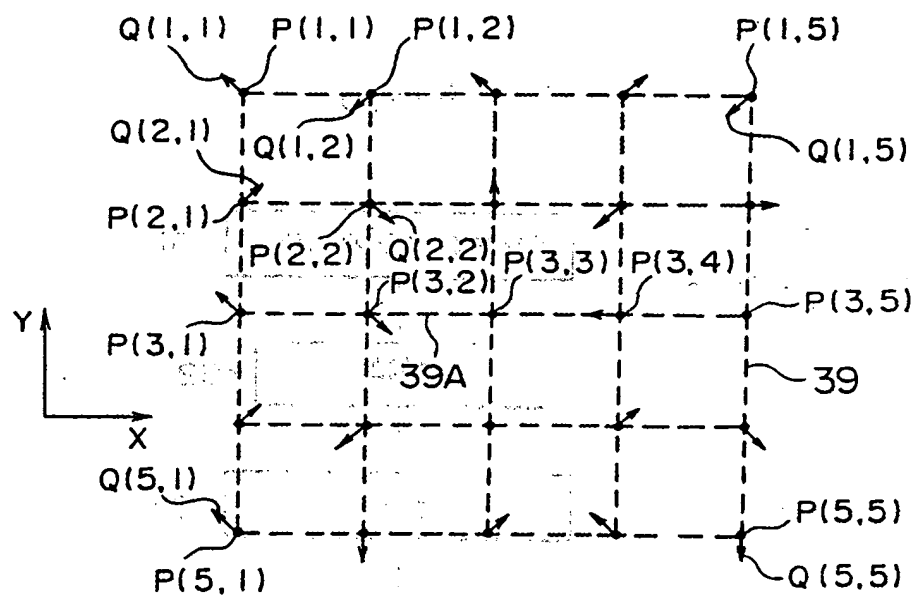


Fig.5b

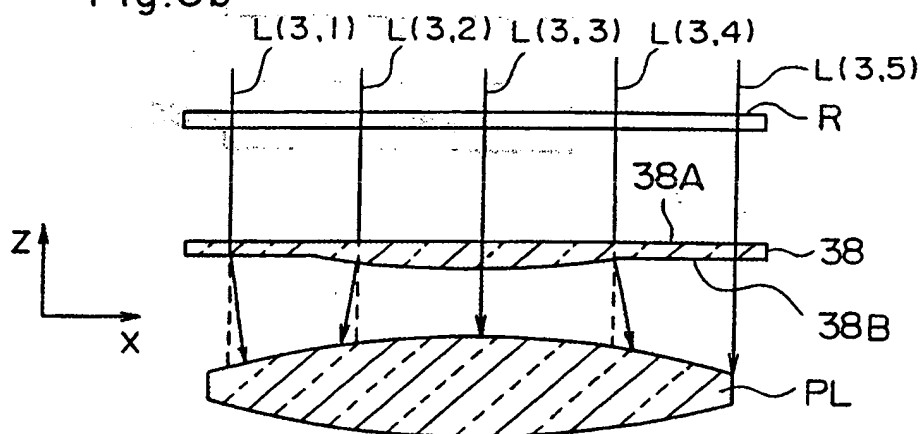


Fig. 6

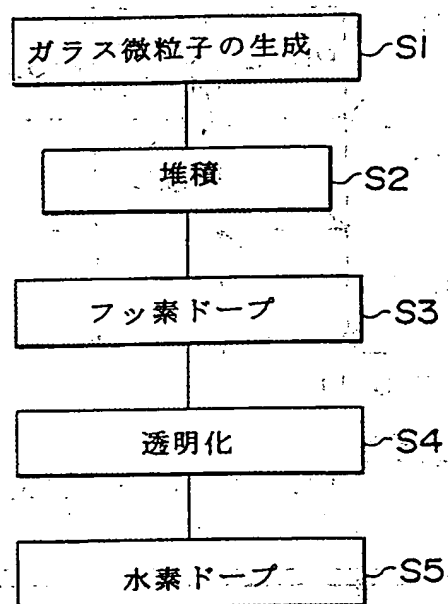


Fig.7a

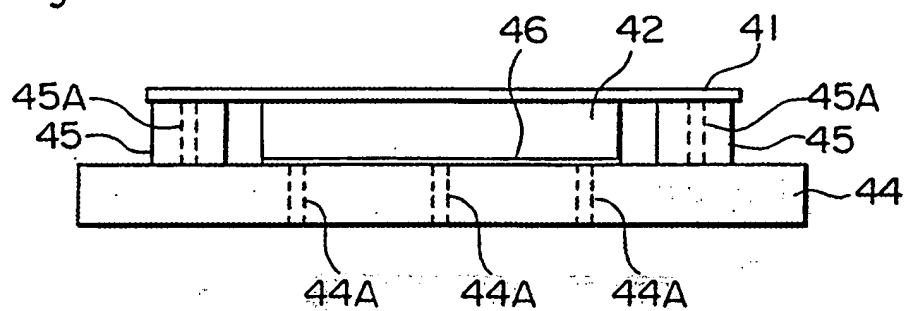


Fig.7b

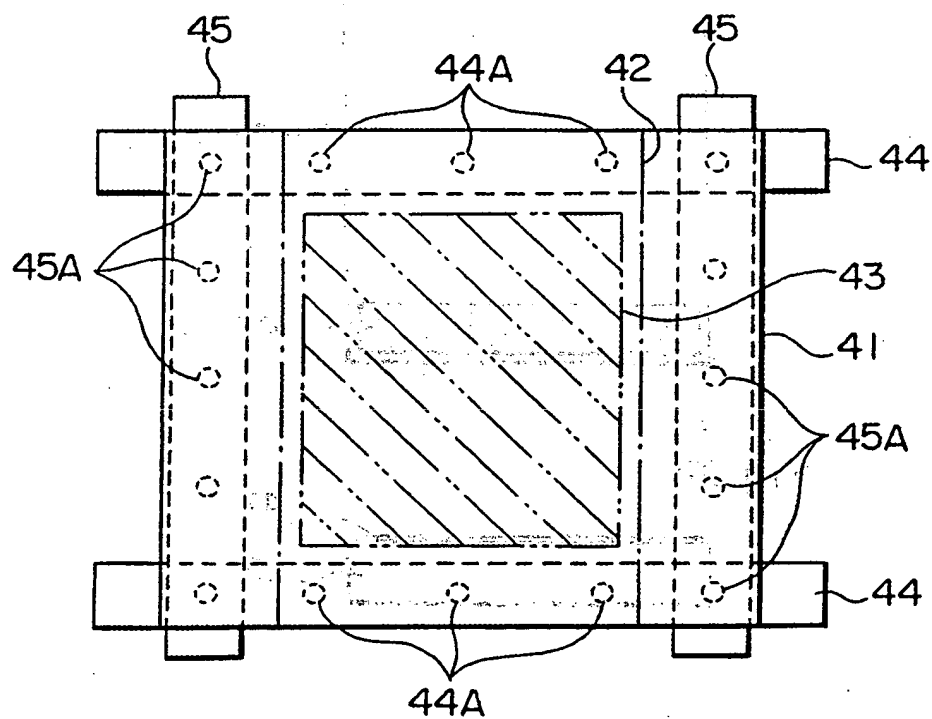


Fig.8a

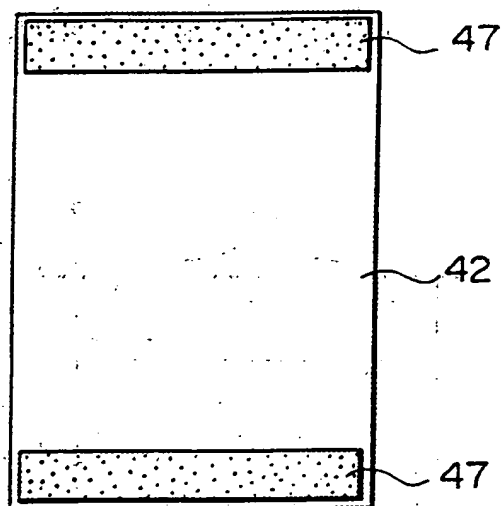
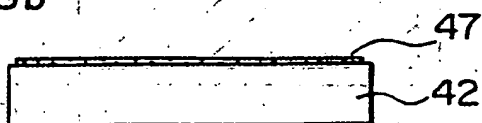


Fig.8b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/05061

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁶ G03F1/14, G03F7/20, H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ G03F1/08-1/16, G03F7/20, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 7-319149, A (Toppan Printing Co., Ltd.), 8 December, 1995 (08. 12. 95), Par. Nos. [0019], [0020] (Family: none)	1-8 30, 31
X Y	JP, 2-166449, A (Fujitsu Ltd.), 27 June, 1990 (27. 06. 90), Claims (Family: none)	1-8 30, 31
X Y	JP, 6-227827, A (Asahi Glass Co., Ltd.), 16 August, 1994 (16. 08. 94), Claims & US, 5326729, A	9-12, 31 16, 19, 21
X Y	JP, 6-287022, A (Nippon Sekiei Glass Co., Ltd.), 11 October, 1994 (11. 10. 94), Claims (Family: none)	13, 31 20, 22
X Y	JP, 4-204904, A (Fujitsu Ltd.), 27 July, 1992 (27. 07. 92), Claims (Family: none)	1, 7, 8, 30 14, 15, 17 16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
3 February, 1999 (03. 02. 99)Date of mailing of the international search report
16 February, 1999 (16. 02. 99)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/05061

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 3-168641, A (Fujitsu Ltd.), 22 July, 1991 (22. 07. 91), Claims (Family: none)	1, 7, 8, 30 14, 15, 17 16
Y	JP, 8-171054, A (Nikon Corp.), 2 July, 1996 (02. 07. 96) & DE, 19546795, A & US, 5668672, A	19-22
X	JP, 3-155120, A (Seiko Epson Corp.), 3 July, 1991 (03. 07. 91), Claims (Family: none)	23-29 31, 32

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 98/05061

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁸ G03F1/14, G03F7/20, H01L21/027

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁸ G03F1/08~1/16, G03F7/20, H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-1998年
 日本国登録実用新案公報 1994-1998年
 日本国実用新案登録公報 1996-1998年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P, 7-319149, A (凸版印刷株式会社), 8.12月.1995 (08.12.95), 【0019】-【0020】, (ファミリーなし)	1-8 30, 31
X Y	J P, 2-166449, A (富士通株式会社), 27.6月.1990 (27.06.90), 特許請求の範囲, (ファミリーなし)	1-8 30, 31
X Y	J P, 6-227827, A (旭硝子株式会社), 16.8月.1994 (16.08.94), 【特許請求の範囲】, &US, 5326729, A	9-12, 31 16, 19, 21

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.02.99

国際調査報告の発送日

16.02.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山鹿 勇次郎

2H

9223

電話番号 03-3581-1101 内線 3232

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P, 6-287022, A (日本石英硝子株式会社), 11. 10月. 1994 (11. 10. 94), 【特許請求の範囲】, (ファミリーなし)	13, 31 20, 22
X Y	J P, 4-204904, A (富士通株式会社), 27. 7月. 1992 (27. 07. 92), 特許請求の範囲, (ファミリーなし)	1, 7, 8, 30 14, 15, 17 16
X Y	J P, 3-168641, A (富士通株式会社), 22. 7月. 1991 (22. 07. 91), 特許請求の範囲, (ファミリーなし)	1, 7, 8, 30 14, 15, 17 16
Y	J P, 8-171054, A (株式会社ニコン), 2. 7月. 1996 (02. 07. 96), &DE, 19546795, A&US, 5668672, A	19-22
X	J P, 3-155120, A (セイコーエプソン株式会社), 3. 7月. 1991 (03. 07. 91), 特許請求の範囲, (ファミリーなし)	23-29 31, 32